

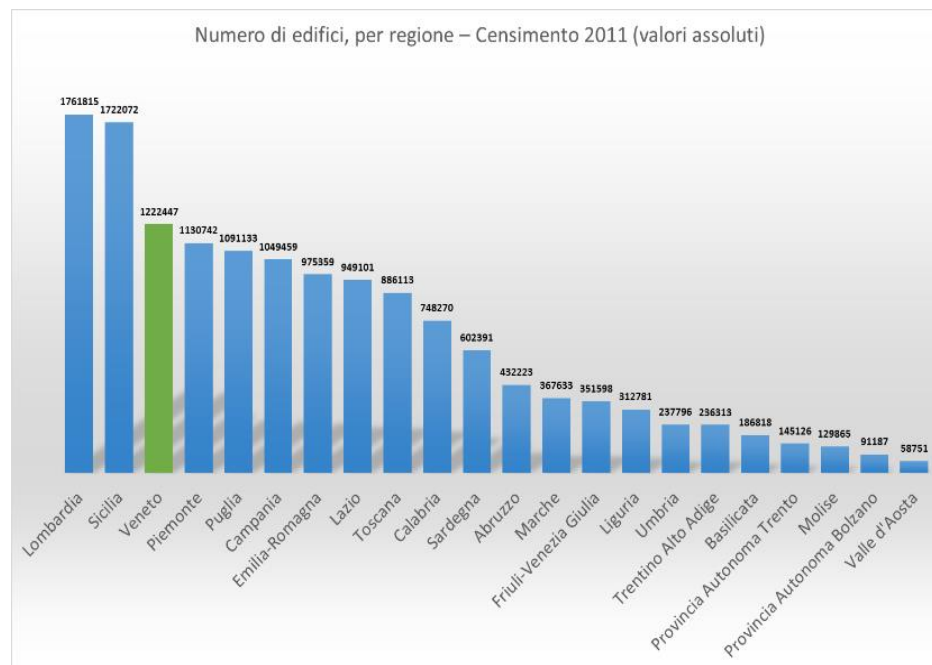
I materiali per la costruzione dell'edificio energeticamente prestante

Angelo Zarrella

Sommario

- Interventi su edifici.
- Sistemi Multi Energia.
- Cogenerazione.

Il Parco Edilizio in Italia



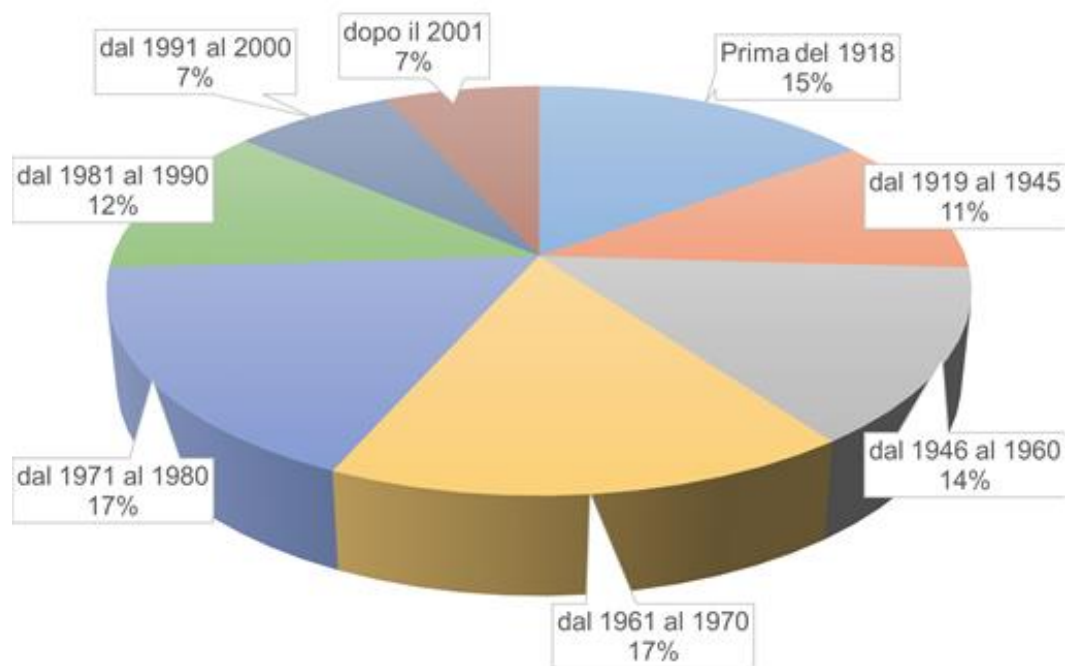
Sul territorio nazionale, gli edifici e i complessi censiti nel 2011 ammontano a circa **15 Milioni**.

Gli **edifici residenziali** rappresentano, in ciascun contesto regionale, la grande maggioranza degli edifici: **la quota è sempre superiore all'80%** con l'eccezione della Valle d'Aosta (73,6%).

Rif.: ISTAT, Censimento 2011.

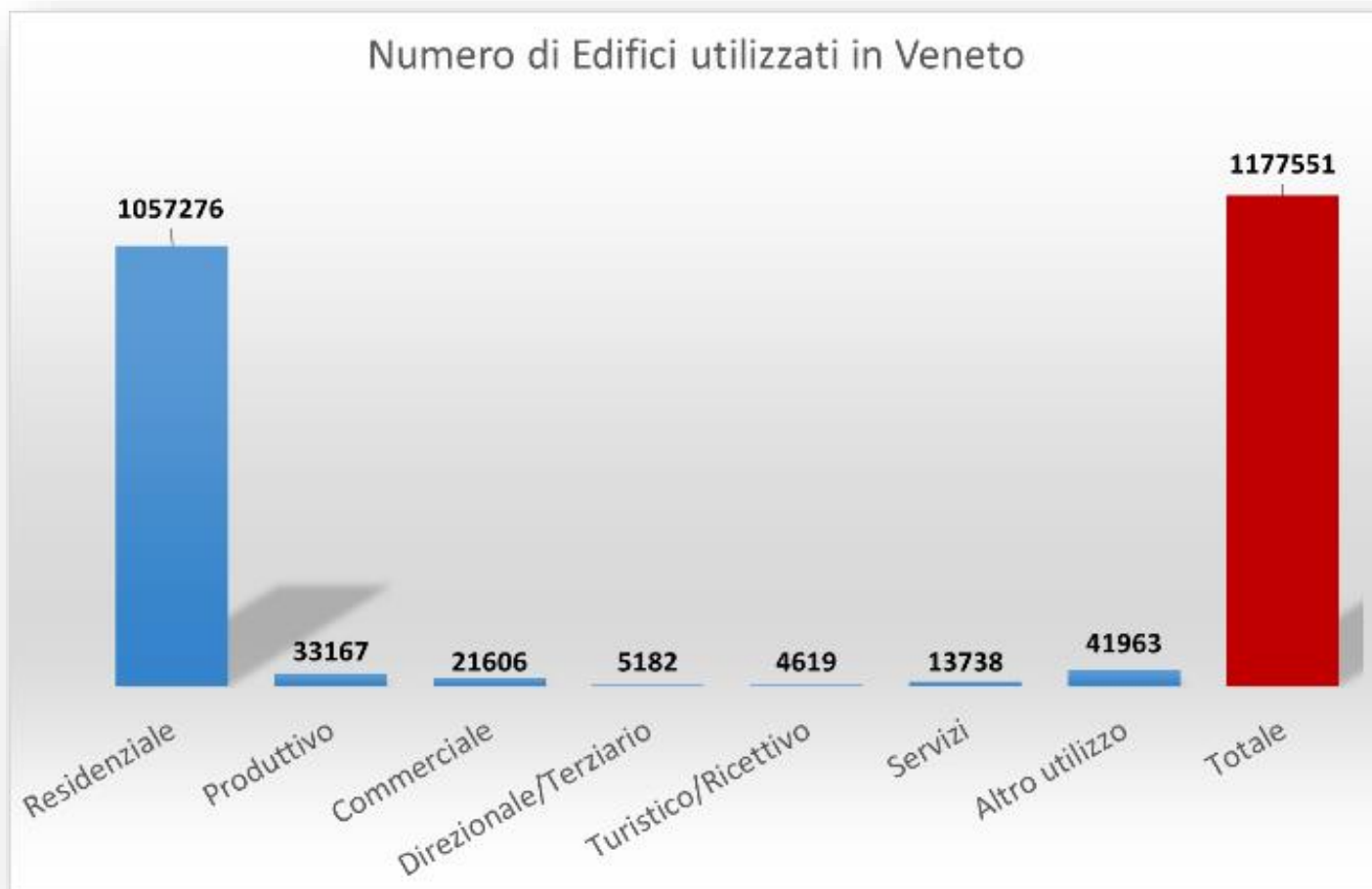
Edifici Residenziali

In Italia

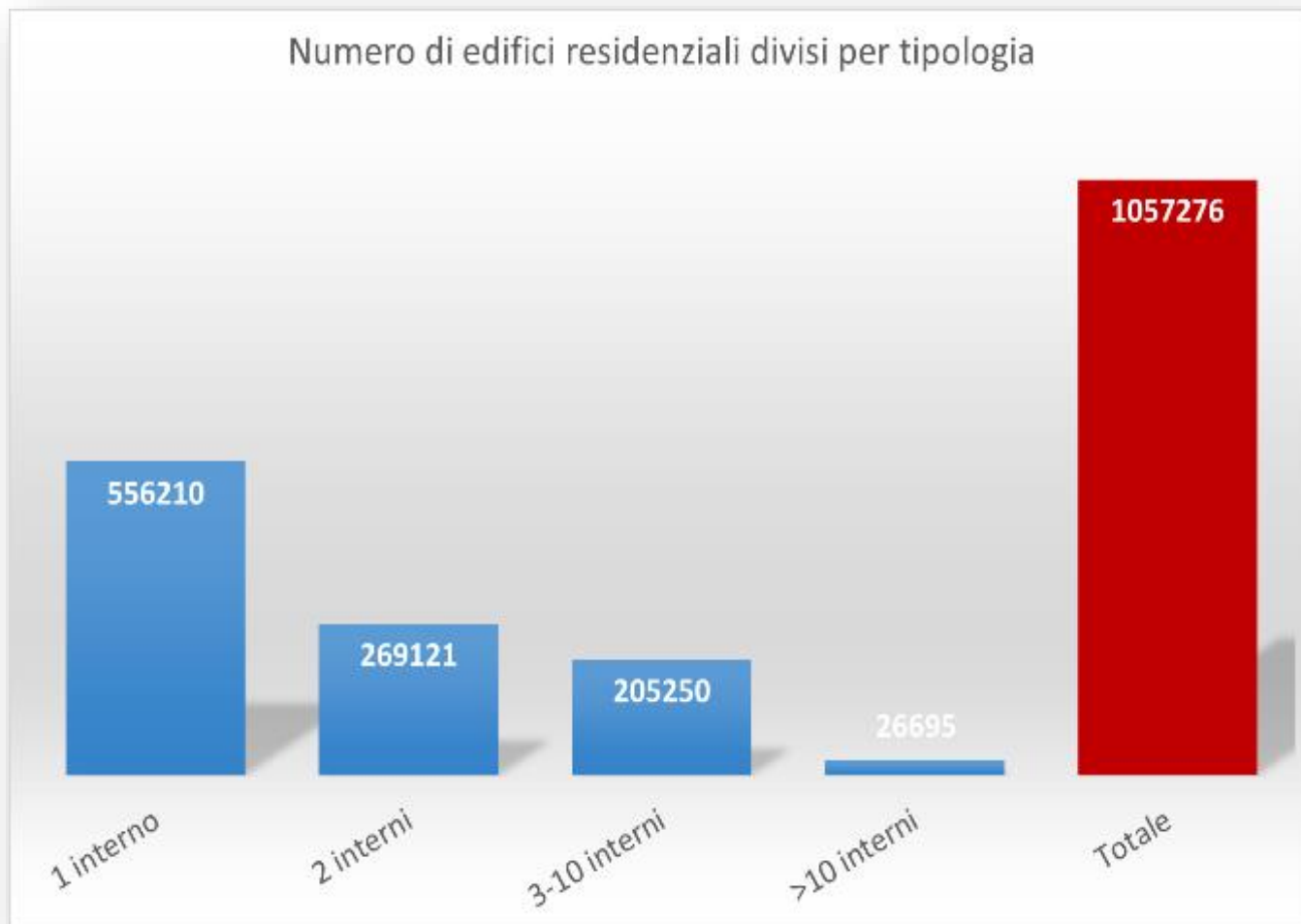


Oltre il **60%** di tale parco edilizio ha più di 45 anni, ovvero è **precedente** alla **legge n. 373 del 1976**, prima legge sul risparmio energetico.

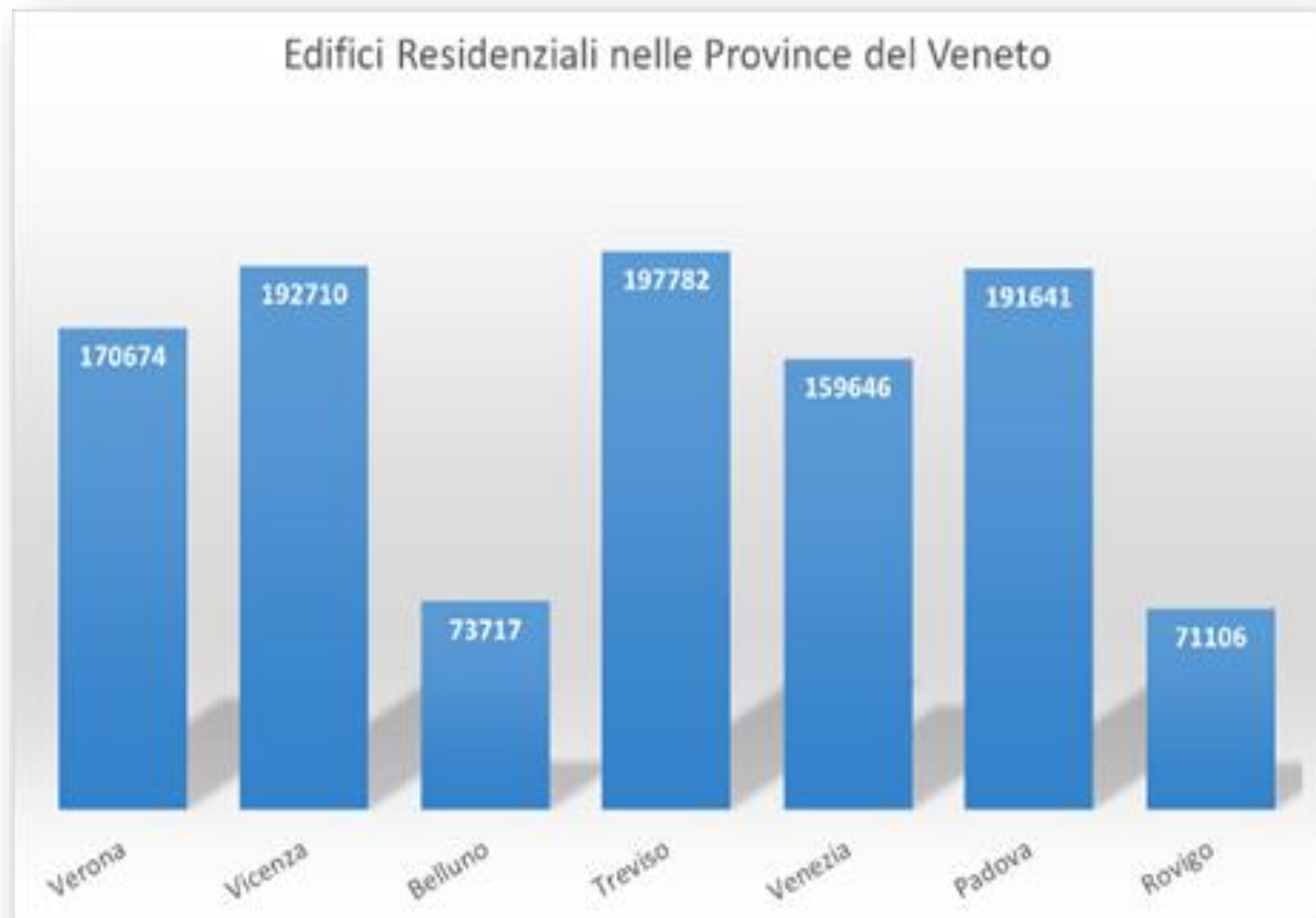
Gli Edifici in Veneto



Gli Edifici in Veneto



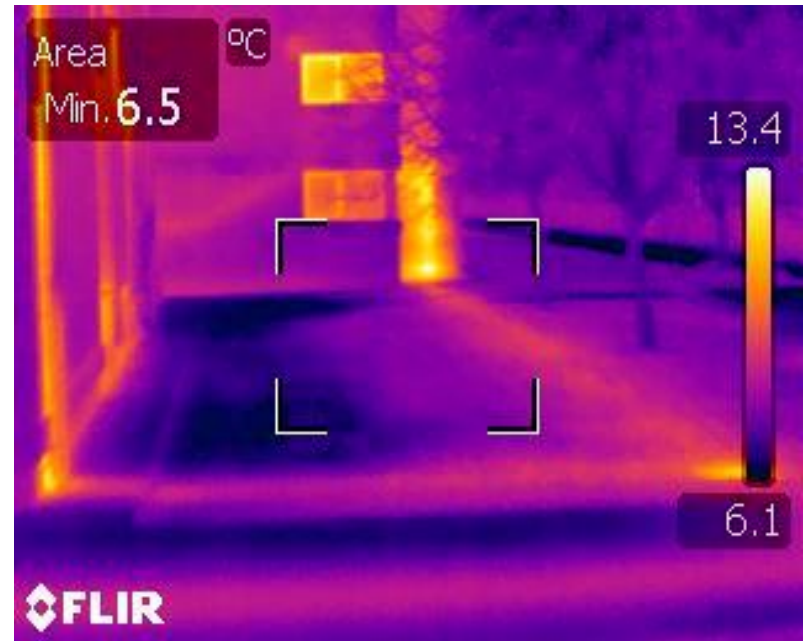
Gli Edifici in Veneto



Energia: ma quanto mi costi?



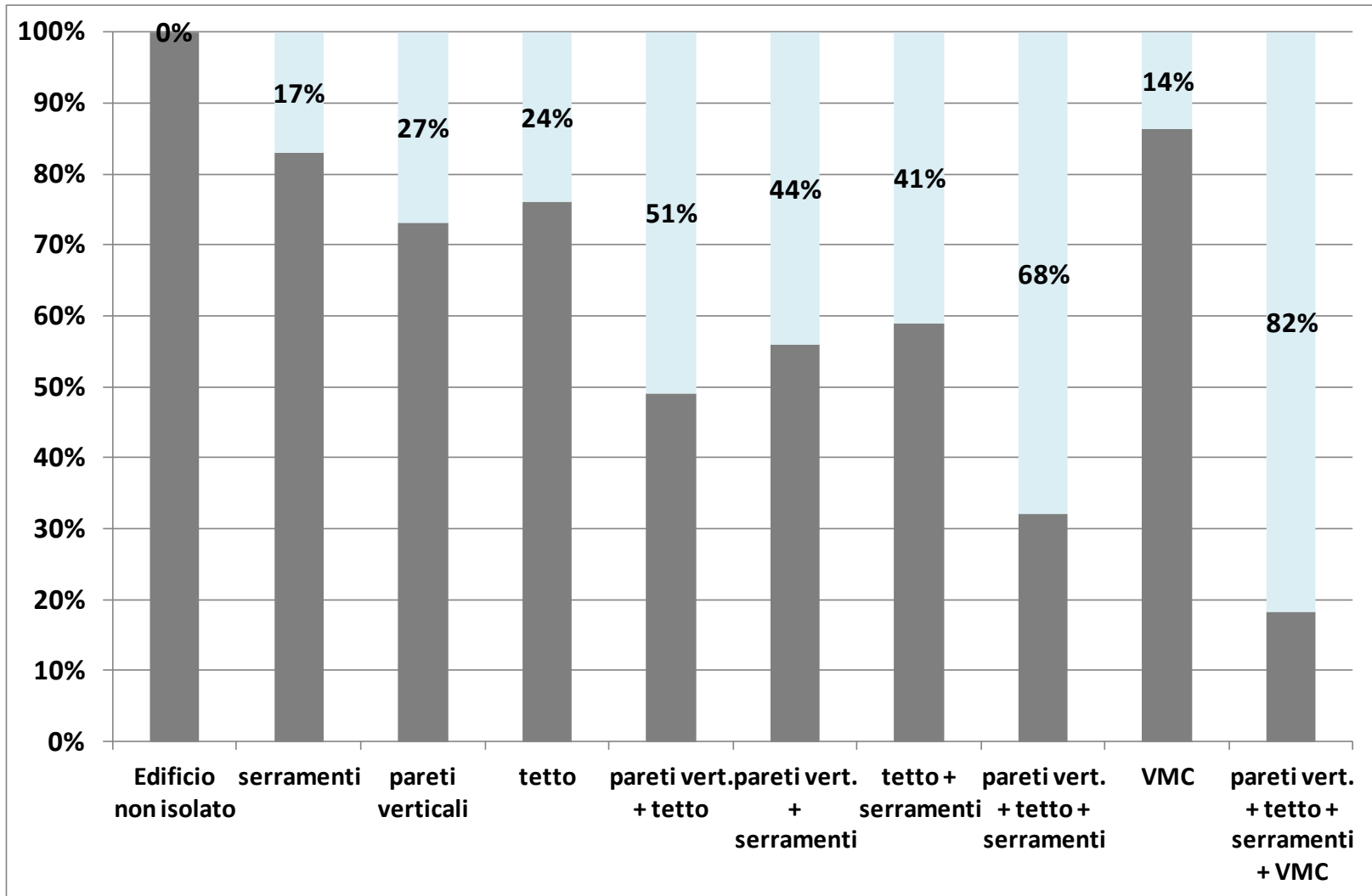
Isolamento termico



POSSIBILI INTERVENTI SULL'INVOLUCRO

- Isolamento termico delle pareti opache verticali
- Isolamento termico del tetto
- Sostituzione degli infissi
- Utilizzo di ventilazione meccanica con il recupero di calore

Possibili risparmi sull'involucro



Tecniche di isolamento termico

- Isolamento termico all'esterno delle pareti (soluzione a cappotto)
- Isolamento con rivestimento isolante interno

Isolamento interno

Aspetti positivi:

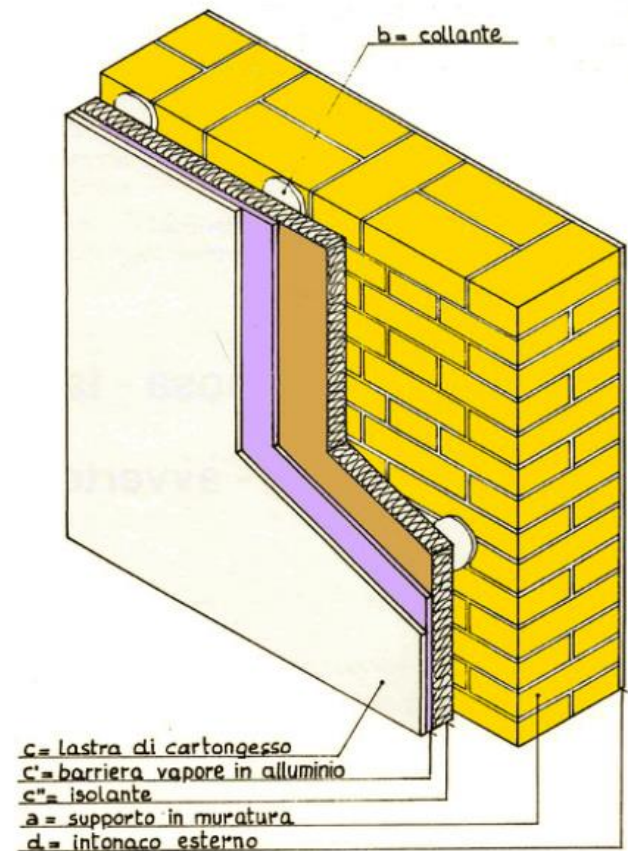
- Aspetto esterno immutato (per edifici storici)
- Non vengono richieste impalcature
- Minori oneri di sicurezza
- Rapidità di esecuzione
- Minori costi rispetto al cappotto



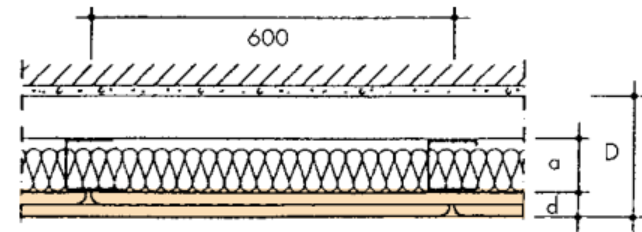
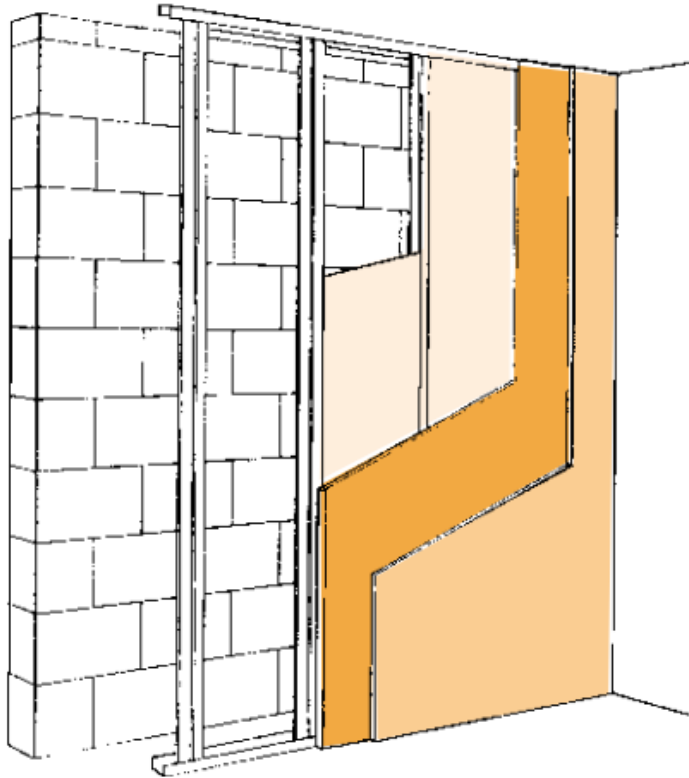
Isolamento interno

Aspetti negativi/critici:

- Riduzione spazio interno disponibile
- Necessità di mettere barriera al vapore tra isolante e finitura interna
- Problema dei ponti termici in corrispondenza ai solai
- Criticità in corrispondenza dell'infisso

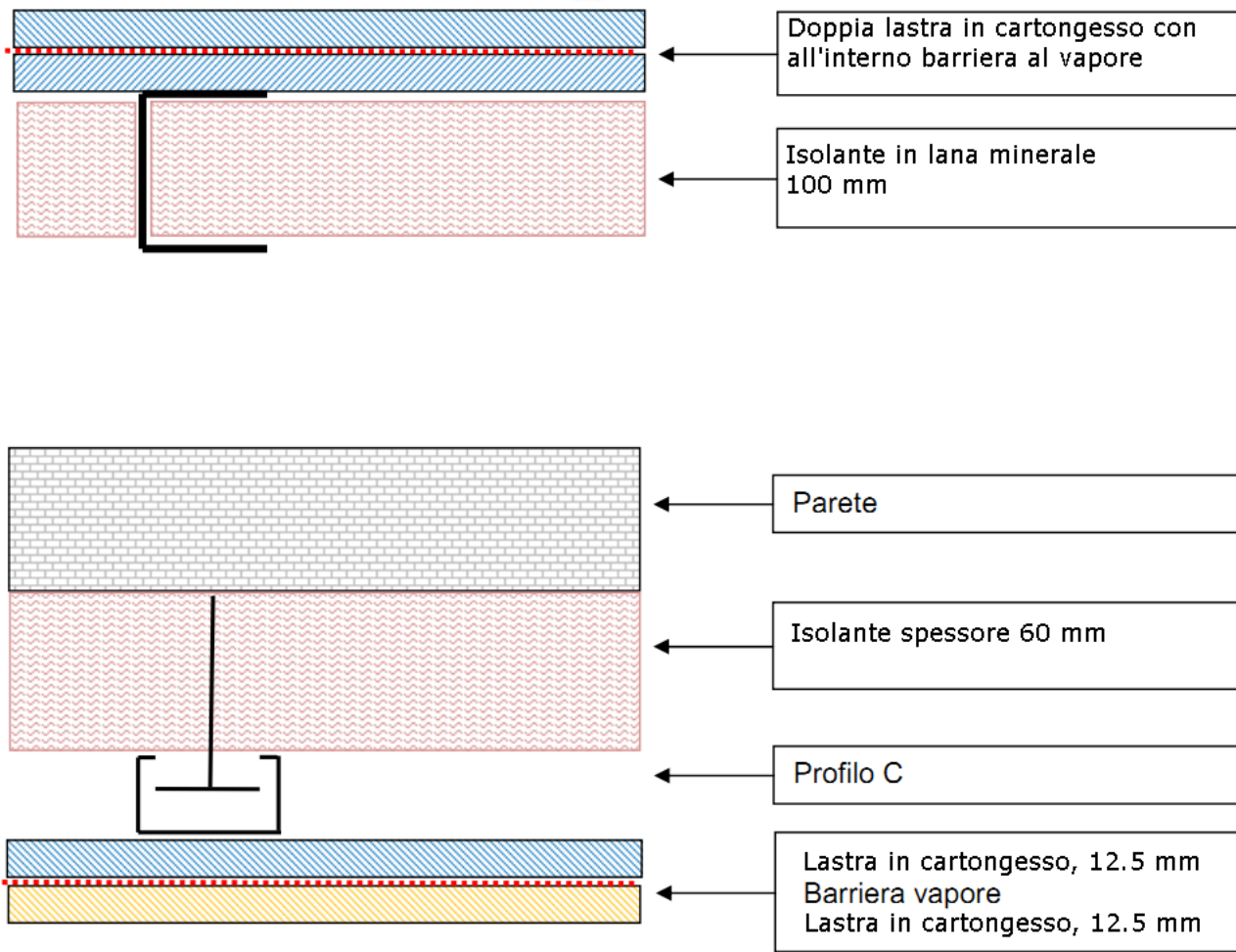


Controparete ad orditura metallica autoportante



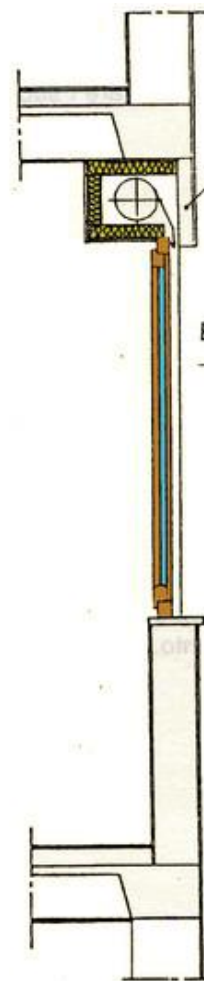
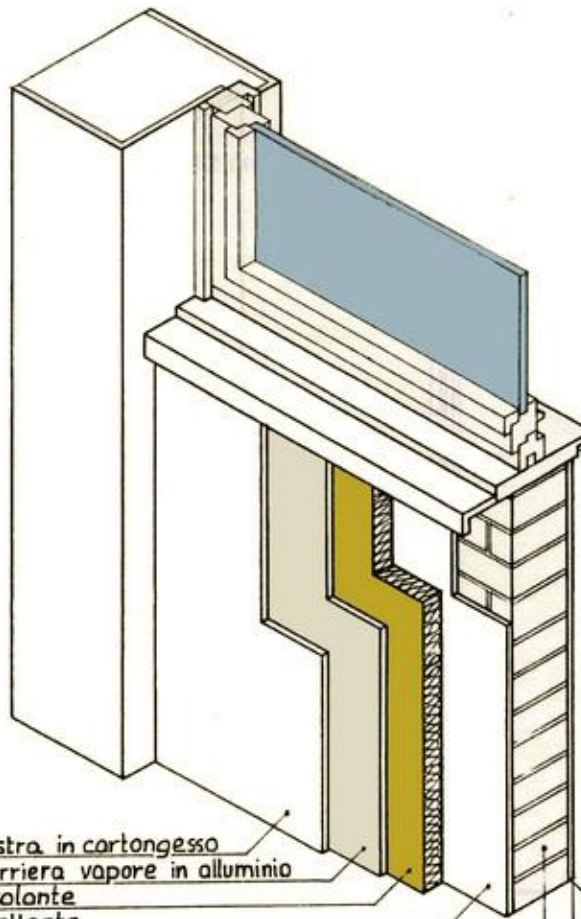
S P E S S O R E		
D (mm)	d (mm)	a (mm)
≥62,5	12,5	50
≥87,5	12,5	75
≥112,5	12,5	100
≥65	15	50
≥90	15	75
≥115	15	100
≥68	18	50
≥93	18	75
≥118	18	100
≥75	2X12,5	50
≥100	2X12,5	75
≥125	2X12,5	100

Controparete ad orditura metallica autoportante: aule e palestra

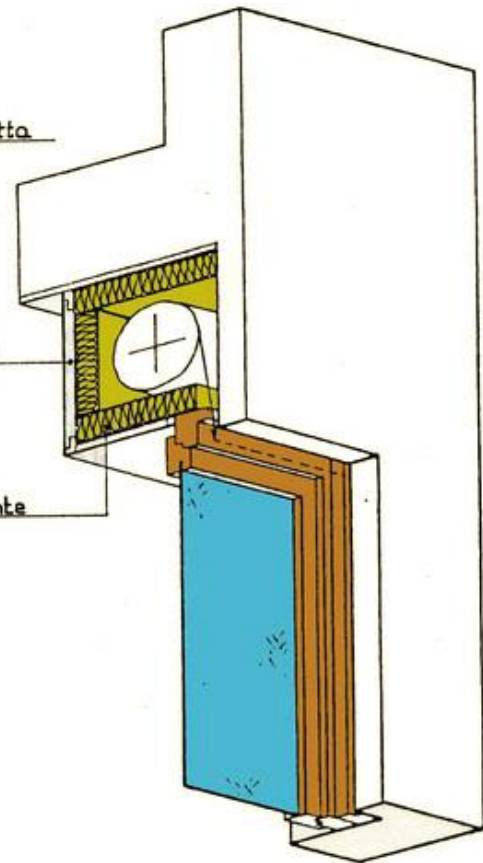




c = lastra in cartongesso
 c' = barriera vapore in alluminio
 c'' = isolante
 b = collante
 a = supporto in muratura
 d = intonaco esterno



a = veletta
 b = cassetto coprirullo
 c = isolante



Cappotto esterno

Aspetti positivi:

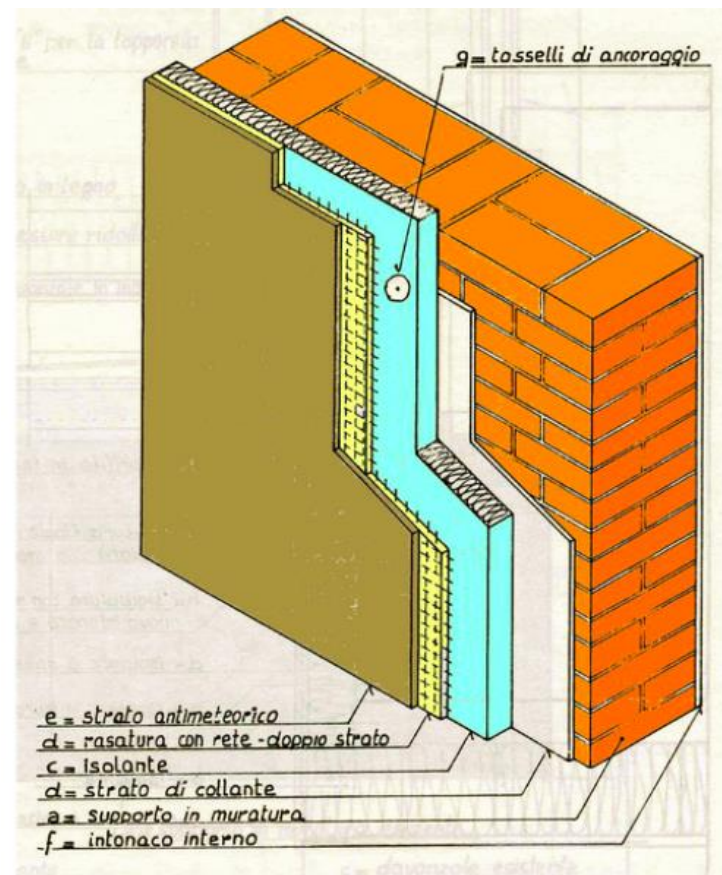
- Non comporta riduzione spazio interno disponibile
- Risoluzione dei ponti termici in corrispondenza ai solai
- Riqualfica di edifici deteriorati esteriormente

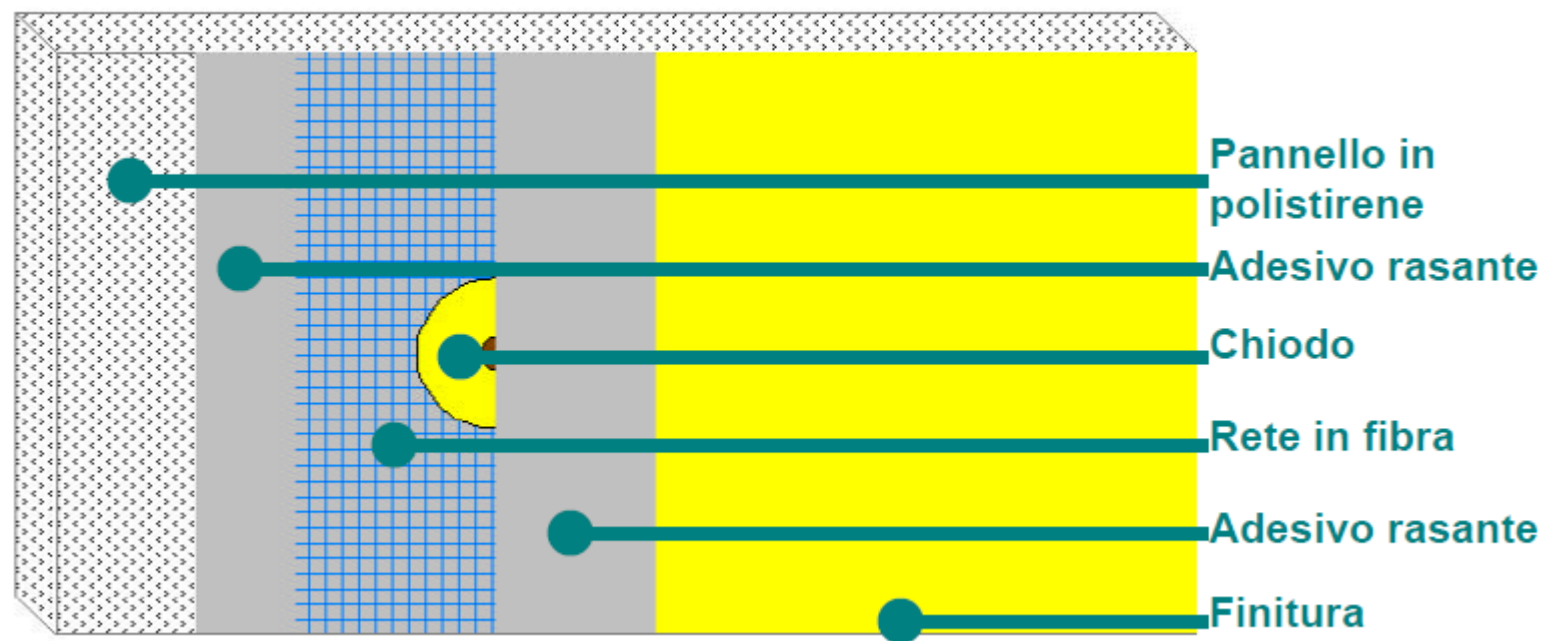


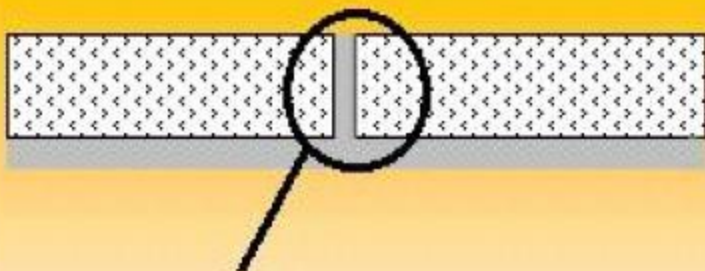
Cappotto esterno

Aspetti negativi/critici:

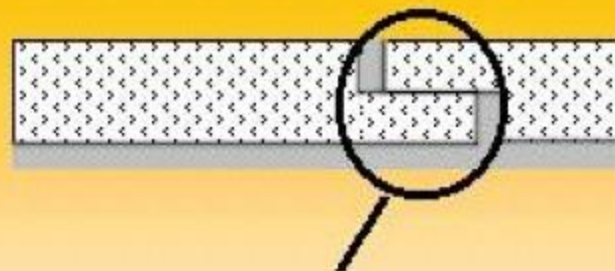
- Non applicabile in edifici storici
- Sono richieste impalcature
- Oneri di sicurezza
- Costi piuttosto elevati







Con l'impiego di lastre non battentate si corre il rischio di avere della colla fra i giunti e quindi che si verifichi un ponte termico e delle cavillature



Con l'impiego di lastre battente non sono possibili ponti termici causati da un erroneo posizionamento delle lastre



Vespaio aerato



Stratigrafia

modulo

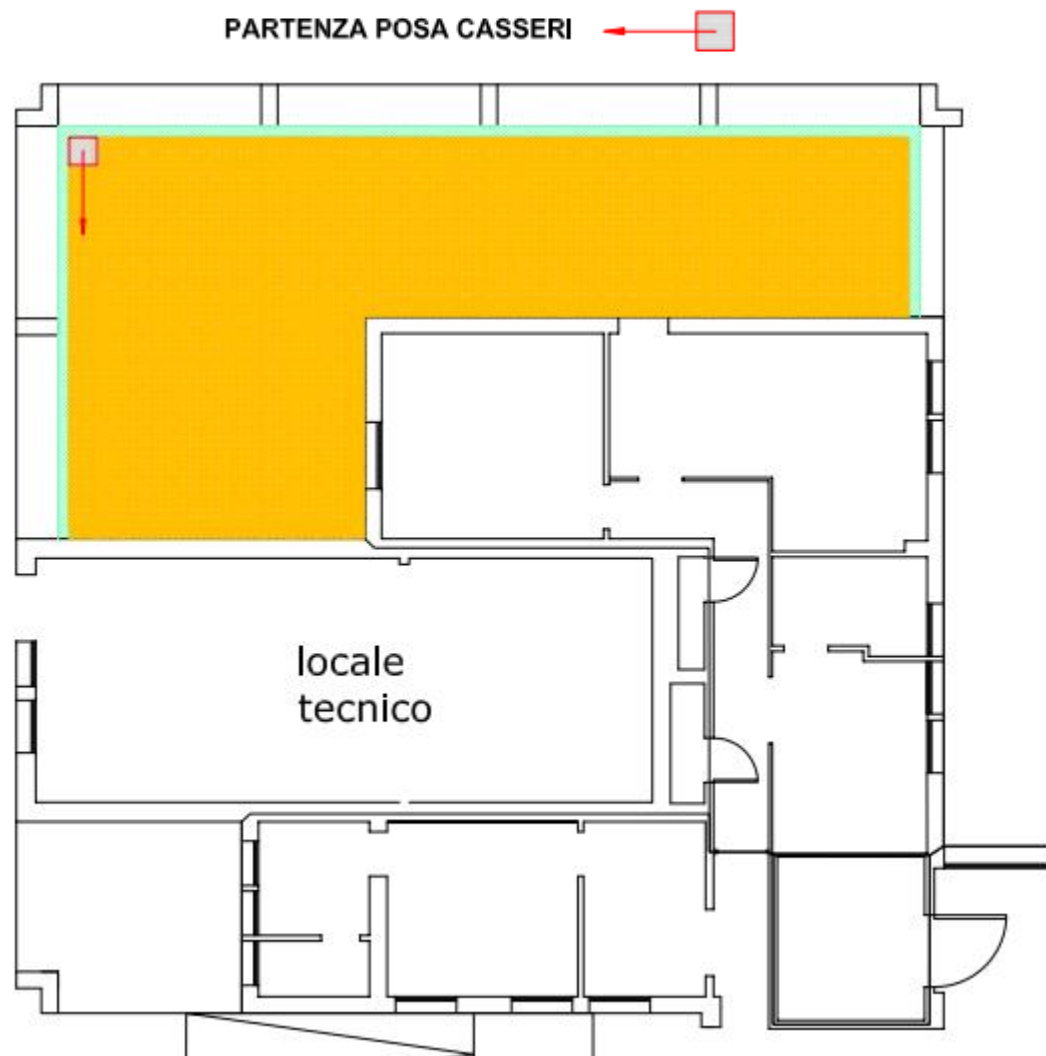
soletta cls

isolante sp. 8 cm di stiferite GT

alleggerito per impianti sp. 7 cm

massetto sp. 5 cm

finitura (piastrella) sp. 1.5 cm

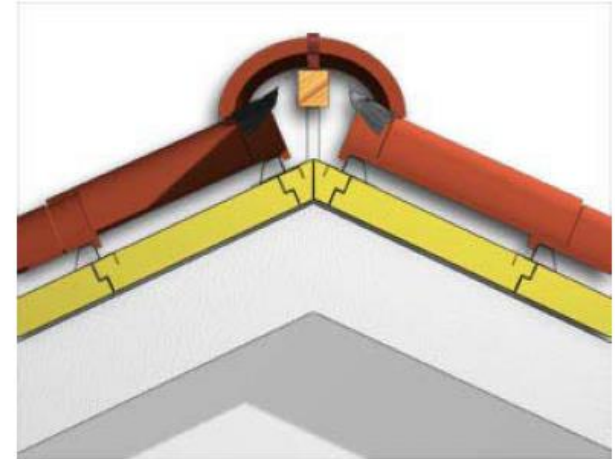
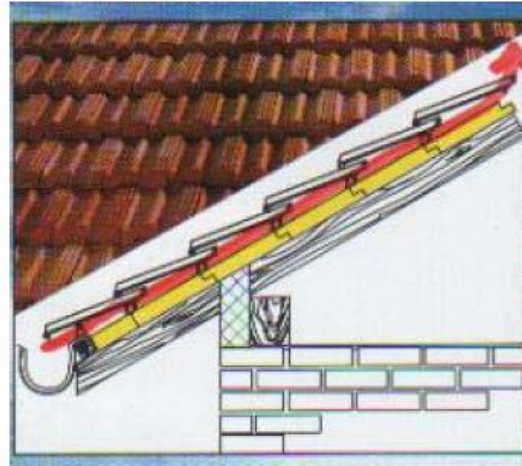
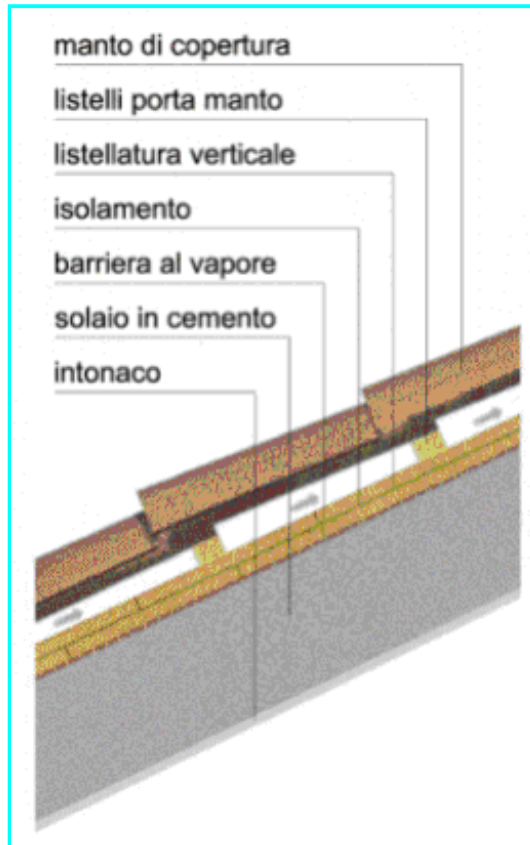


Il tetto ventilato

Cos'è

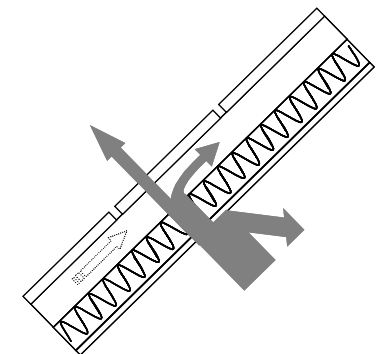
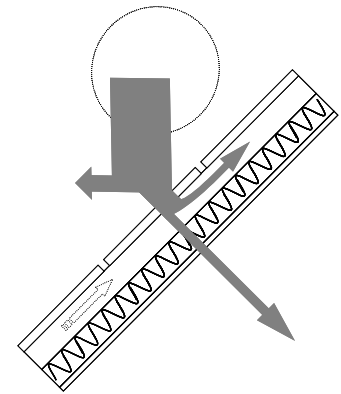
- È un sistema di rivestimento esterno del tetto in cui viene realizzata un'intercapedine (inclinata) mantenuta in comunicazione con l'ambiente esterno.
- Nell'intercapedine s'instaura un fenomeno di ventilazione dovuto al riscaldamento dell'aria in essa contenuta.
- La portata d'aria che si instaura è tanto maggiore quanto maggiori sono il riscaldamento e l'altezza del tetto dalla gronda al colmo.
- Si ottiene interponendo distanziatori tra i coppi e la struttura di sostegno e mantenendo aperta la relativa intercapedine d'aria alla base e sul colmo.

Schema di tetto ventilato



Comportamento del tetto ventilato

- In estate:
 - La ventilazione dell'intercapedine permette di smaltire una parte della radiazione solare incidente sul rivestimento esterno
- In inverno:
 - Incremento delle dispersioni \Rightarrow necessità di maggiore isolamento
 - Smaltimento, sotto forma di vapore, della brina e della rugiada che si possono formare sotto le tegole nelle notti serene invernali o dell'acqua meteorica eventualmente infiltrata ed intercettata dal rivestimento
 - Snevamento uniforme del tetto

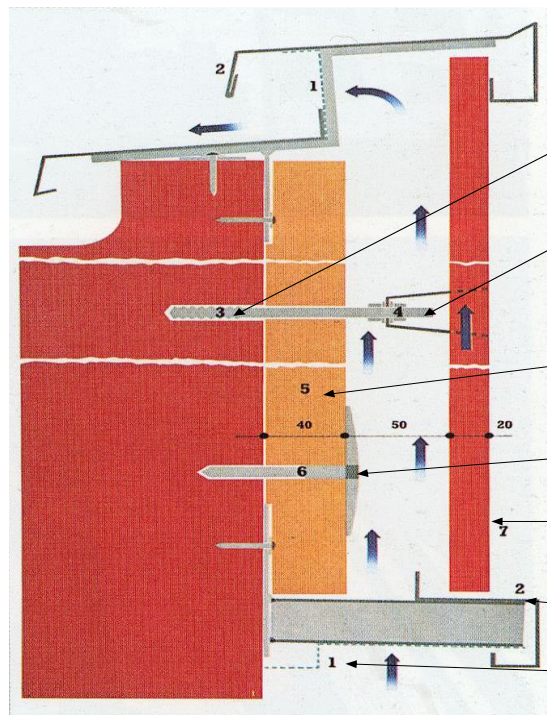


La facciata ventilata

Cos'è

- E' un sistema composto da uno strato isolante (fibra minerale, polistirolo, poliuretano, ecc.) applicato direttamente alla facciata e da un rivestimento impermeabile (pannelli di alluminio, acciaio, PVC, ecc.) vincolati all'edificio da una struttura di metallo. Tra isolante e rivestimento si crea un'intercapedine che, per "effetto camino", attiva un'efficace ventilazione naturale, con sostanziali vantaggi per l'intero sistema.

Schema generale di facciata ventilata



tassello in plastica speciale per ottenere il taglio termico

Viti,dadi,rondelle in acciaio inox

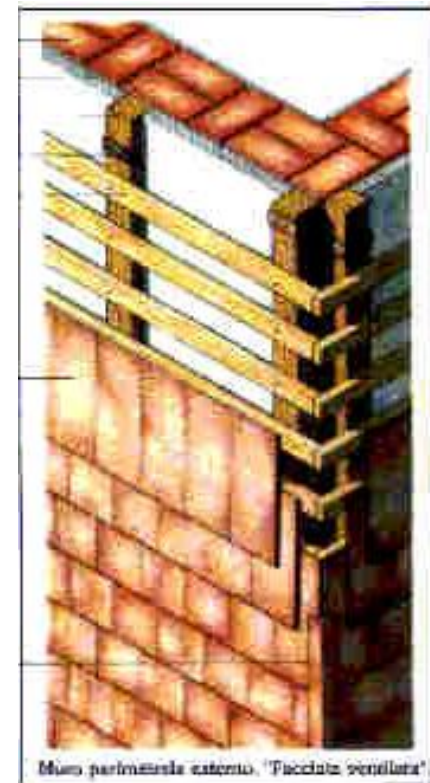
materiale isolante in pannelli di fibra di vetro,poliestere estruso o altri isolanti

fissaggio pannelli con elementi a disco in resina sintetica

rivestimento

scossaline in lamiera di alluminio pressopiegate,anodizzate o preverniciat

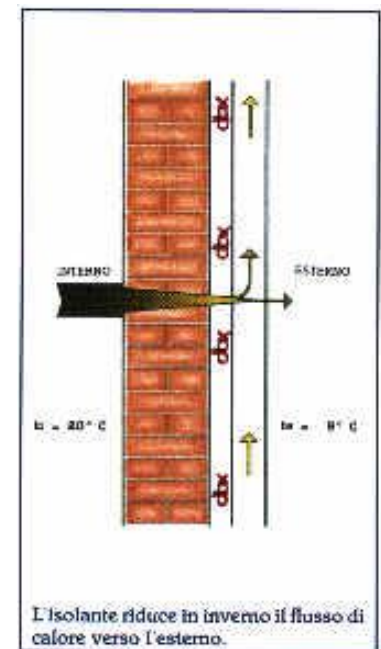
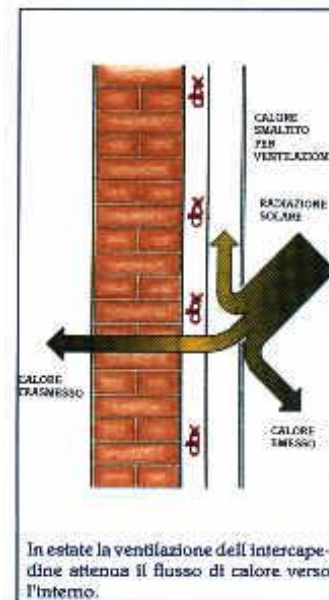
rete antiinsetti



Muro perimetrale esterno, "Facciata ventilata"

Comportamento della facciata ventilata

- In estate:
 - Sulla faccia esposta ad irraggiamento diretto, il calore viene in parte riflesso dal pannello. Inoltre, il riscaldamento del rivestimento esterno attiva nell'intercapedine un tiraggio naturale d'aria che favorisce lo smaltimento del calore, limitandone la trasmissione attraverso il pacchetto edilizio.
- In inverno:
 - Grazie allo "scudo" esterno, la facciata interna all'intercapedine tende a mantenere una temperatura maggiore che in assenza del paramento.
 - La ventilazione naturale che si attiva nell'intercapedine favorisce lo smaltimento di eventuale umidità dovuta ad infiltrazioni o ad altre cause.



Le facciate a doppia pelle

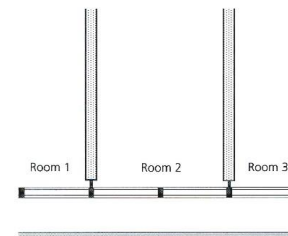
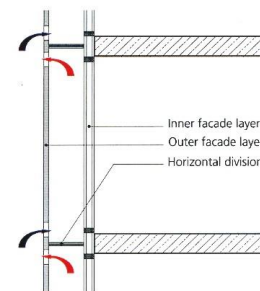
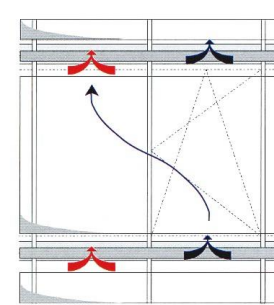
Cosa sono

- Si tratta di sistemi tecnologici caratterizzati dall'applicazione, sulla superficie esterna dell'edificio, di due distinte facciate (generalmente totalmente o parzialmente vetrate) separate tra loro da un'intercapedine ventilata (in modo naturale o forzato).
- L'intercapedine può essere eventualmente resa fruibile, potendo alloggiare scale o divenendo luogo di occupazione temporanea.



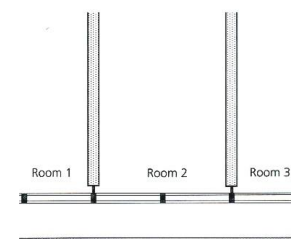
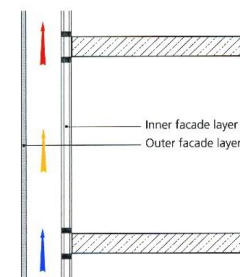
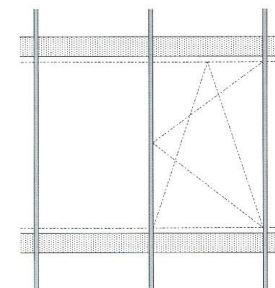
Tipologia a successione di canali

- L'intercapedine tra i due involucri della facciata forma dei canali orizzontali o verticali.



Tipologia a tutta superficie

- Indipendenza dell'involucro esterno della facciata rispetto a quello interno, con la formazione di una quinta architettonica completamente separata dall'edificio: un'intercapedine unica e continua.



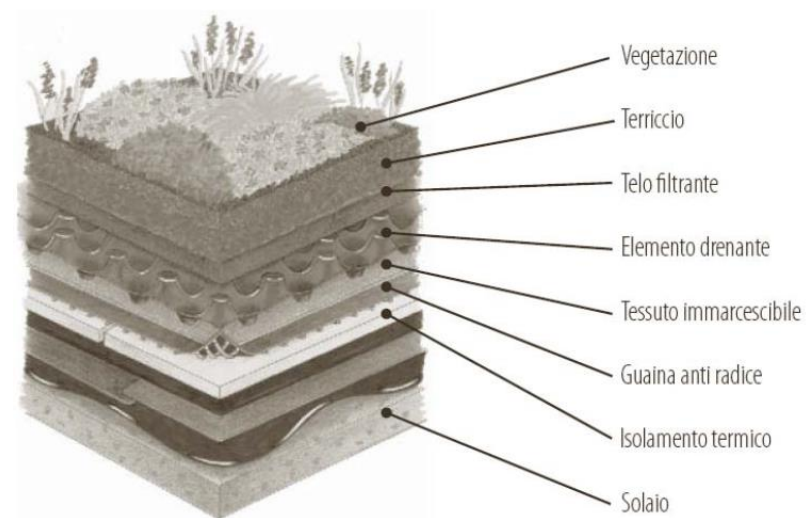
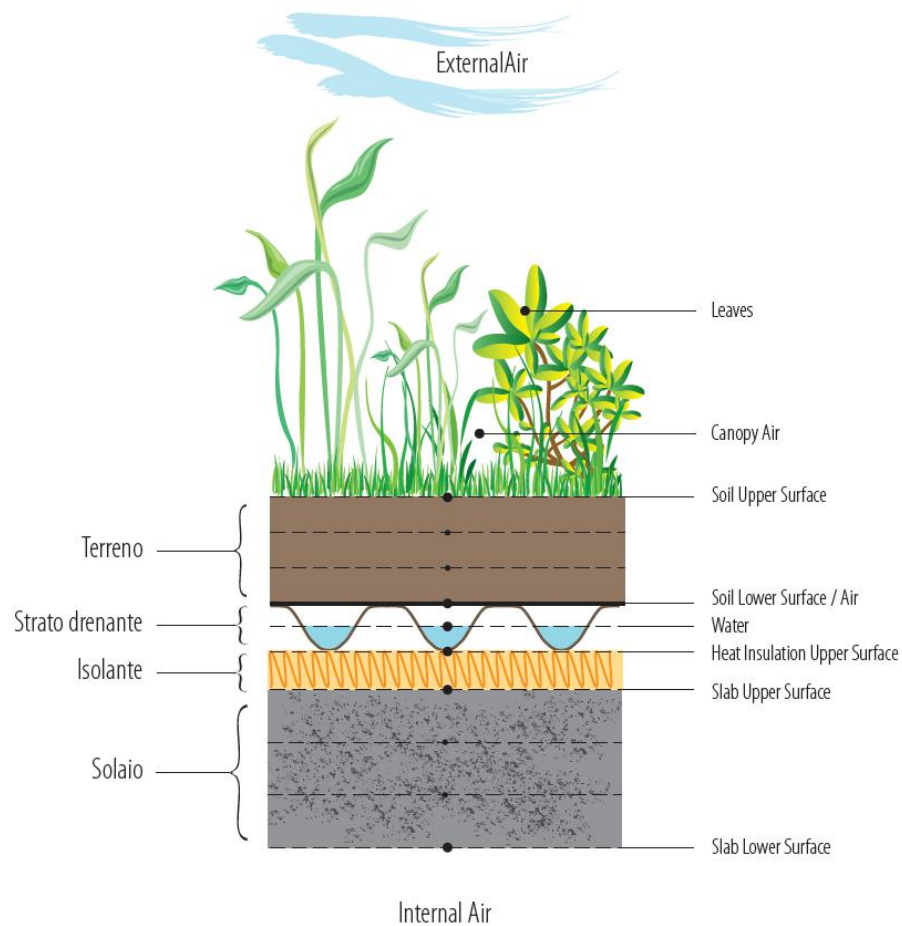
Le facciate a doppia pelle nell'ambito dei recuperi edilizi

- Miglioramento delle prestazioni energetiche;
- Nuova immagine per l'edificio;
- Massa muraria preesistente con funzione di accumulo termico per riscaldamento e raffrescamento.



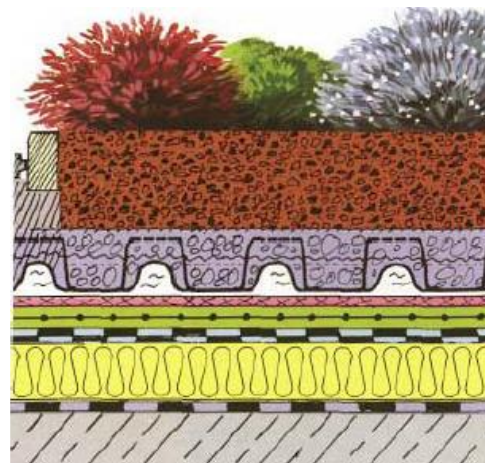
Il tetto verde

Schema generale di tetto verde

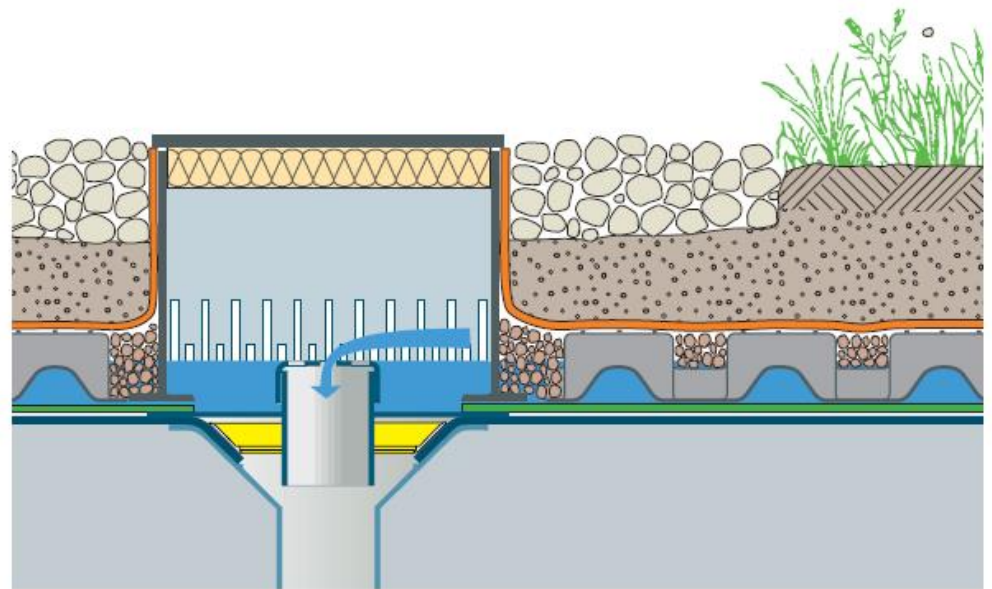
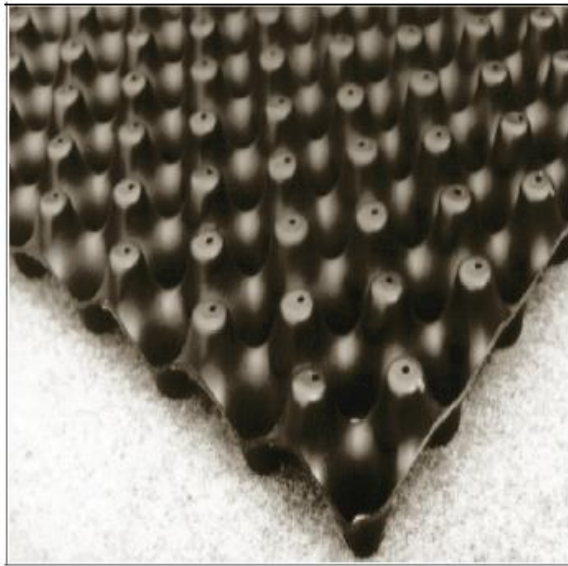


Tipologie di tetto verde

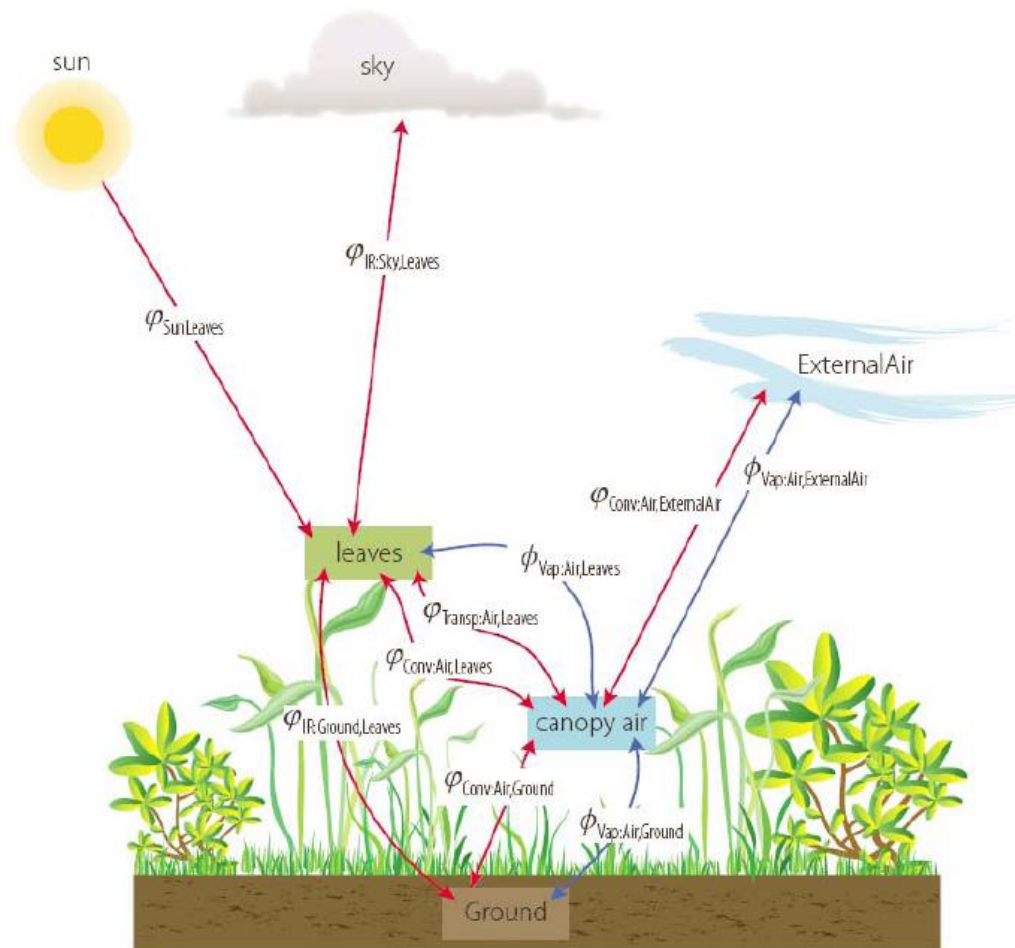
- Tetti verdi estensivi:
 - Spessore < 20 cm
 - Possibile installazione su tetti con inclinazione fino a 30°
 - Peso totale attorno ai 100 kg/m²
 - Tappeti erbosi o vegetazione perenne
 - Due interventi all'anno per la rimozione delle erbe infestanti
- Tetti verdi intensivi:
 - Spessori fino a 50 cm
 - Vegetazione alta e rigogliosa
 - Superfici calpestabili
 - Manutenzione frequente ed onerosa
 - Costi d'investimento e manutenzione elevati



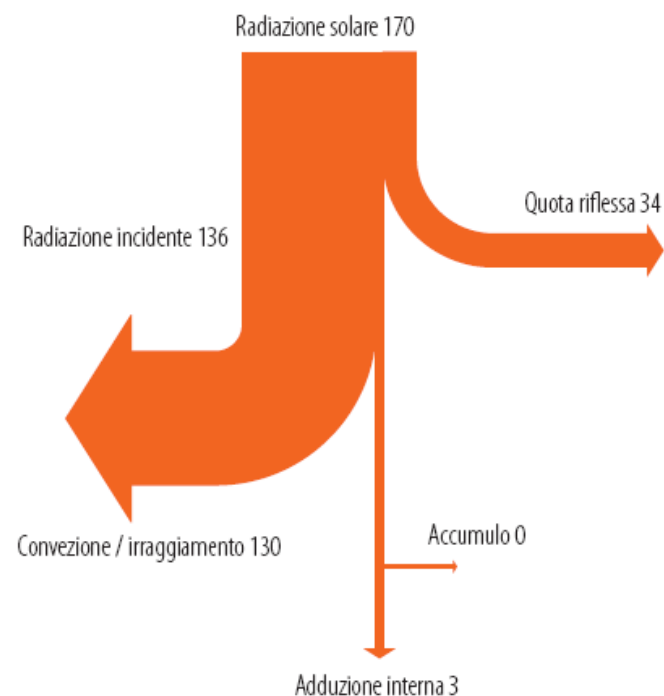
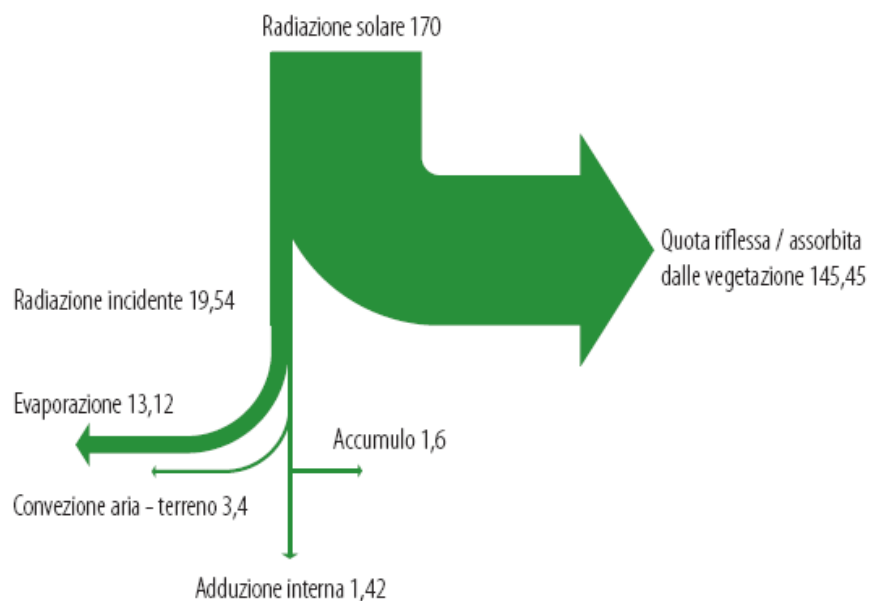
Lo strato drenante e la raccolta dell'acqua percolata



Schema generale dei flussi energetici coinvolti



Bilancio energetico stagionale: tetto verde vs tetto classico



VENTILAZIONE MECCANICA

Aspetti Generali: Perché Ventilare?

4.1.2003

II

Gazzetta ufficiale delle Comunità europee

L 1/65

DIRETTIVA 2002/91/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO
del 16 dicembre 2002
sul rendimento energetico nell'edilizia

Articolo 2

Definizioni

Ai fini della presente direttiva valgono le seguenti definizioni:

- 1) «edificio»: una costruzione provvista di tetto e di muri, per la quale l'energia è utilizzata per il condizionamento del clima degli ambienti interni; il termine può riferirsi a un intero edificio ovvero a parti di edificio progettate o ristrutturate per essere utilizzate come unità abitative a sé stanti;
- 2) «rendimento energetico di un edificio»: la quantità di energia effettivamente consumata o che si prevede possa essere necessaria per soddisfare i vari bisogni connessi ad un uso standard dell'edificio, compresi, tra gli altri, il riscaldamento, il riscaldamento dell'acqua, il raffreddamento, la ventilazione e l'illuminazione. Tale quantità viene espressa da uno o più descrittori calcolati tenendo conto della coibentazione, delle caratteristiche tecniche e di installazione, della progettazione e della posizione in relazione agli aspetti climatici, dell'esposizione al sole e dell'influenza delle strutture adiacenti, dell'e-

Articolo 4

Fissazione di requisiti di rendimento energetico

1. Gli Stati membri adottano le misure necessarie per garantire che siano istituiti requisiti minimi di rendimento energetico per gli edifici, calcolati in base alla metodologia di cui all'articolo 3. Nel fissare tali requisiti, gli Stati membri possono distinguere tra gli edifici già esistenti e quelli di nuova costruzione, nonché diverse categorie di edifici. Tali requisiti devono tener conto delle condizioni generali del clima degli ambienti interni allo scopo di evitare eventuali effetti negativi quali una ventilazione inadeguata, nonché delle condizioni locali, dell'uso cui l'edificio è destinato e della sua età. I requisiti sono riveduti a scadenze regolari che non dovrebbero superare i cinque anni e, se necessario, aggiornati in funzione dei progressi tecnici nel settore dell'edilizia.

Aspetti Generali: Perché Ventilare?

Principali inquinanti indoor:

1. VOC (composti organici volatili): benzene, toluene, formaldeide, composti ossigenati
2. Gas prodotti dalla combustione
3. Particolato aerodisperso
4. Batteri, muffe ed altri organismi
5. Derivati organici di animali e dell'uomo
6. Amianto e fibre minerali
7. Radon
8. Fumo di sigaretta

▶ Gli inquinanti percepibili	▶ Gli inquinanti nascosti
 <p>Odori di cucina e corporali.</p>	 <p>Allergie Insetti, animali, polline.</p>
 <p>Vapori d'acqua contenuti nell'aria o per uso domestico (doccia, cucina, ecc.).</p>	 <p>Radon Il radon (gas radioattivo) è presente in natura ed è contenuto nel terreno.</p>
 <p>Fumi di tabacco e di cottura.</p>	 <p>Composti organici volatili (VOC) presenti nei prodotti per la pulizia domestica e nei materiali di costruzione.</p>
	 <p>Monossido di carbonio Il CO si crea per effetto dell'errata combustione nei sistemi di riscaldamento.</p>

Aspetti Generali: Perché Ventilare?



Ieri:

- numerose fughe,
- **infiltrazioni attraverso serramenti**
- alti consumi per il riscaldamento

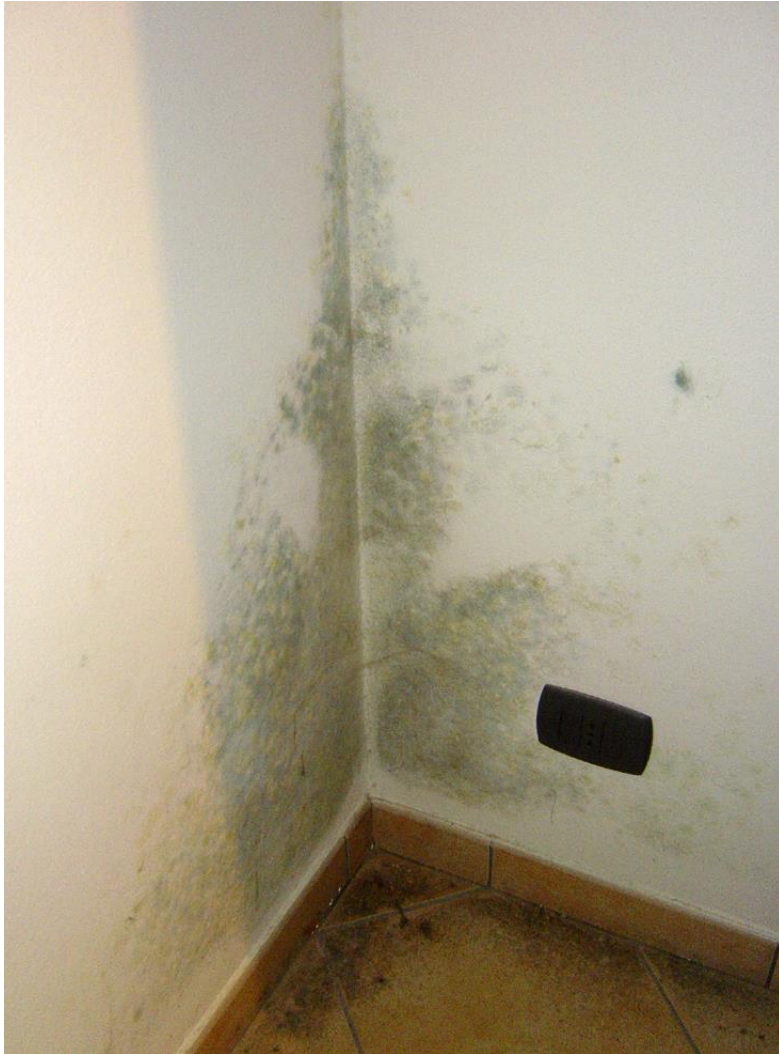
Oggi:

- **Edifici ermetici**
- Bassa permeabilità all'aria esterna

Il rinnovo naturale è impossibile.



Le Conseguenze Di Un Inadeguato Ricambio Dell'aria

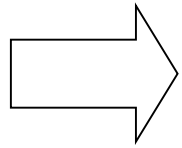


A) CONDENSAZIONI SUPERFICIALI ed eventuali comparse di muffe

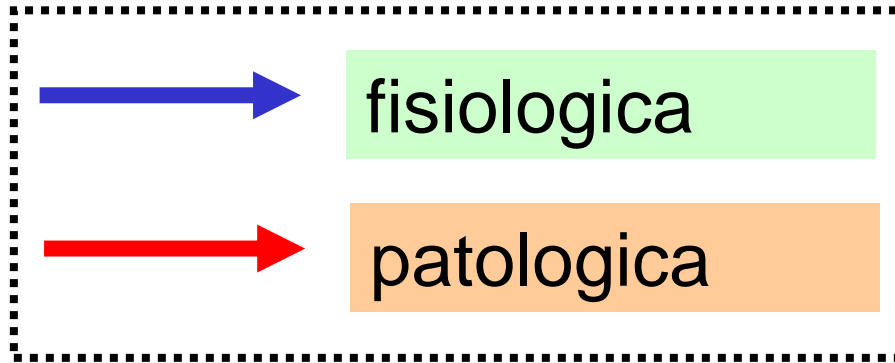
B) CONDENSAZIONI INTERSTIZIALI e possibile deterioramento di materiali da costruzione con conseguente diminuzione del grado di isolamento termico

C) CATTIVA QUALITA' DELL'ARIA INTERNA e insorgenza di patologie

L'umidità Negli Edifici

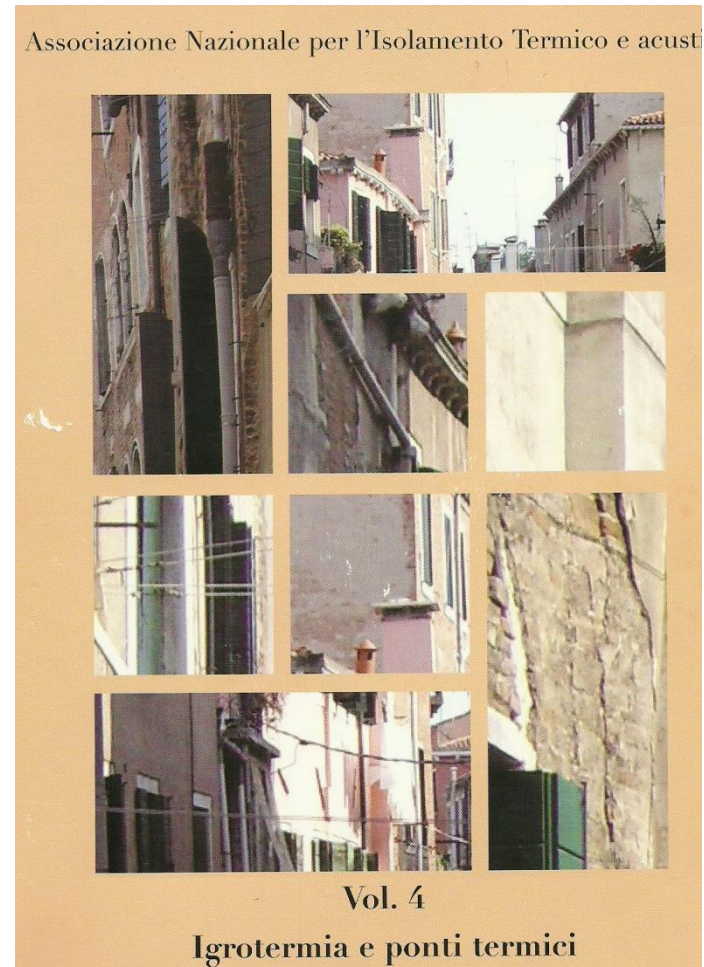


EDIFICIO: inevitabile presenza di umidità.



E' sempre contenuto del vapore acqueo:

- normale composizione dell'aria;
- conseguenza della produzione di vapore per le attività svolte dagli utenti.



L'importanza Della Ventilazione

VENTILAZIONE DEGLI AMBIENTI INTERNI:

- è un fondamentale **bisogno** per l'uomo;
- è indispensabile per la conservazione del manufatto edilizio;
- **non** deve essere considerata un "**onere**";
- comporta un **fabbisogno energetico** che varia in funzione della tecnologia adottata;

L'importanza Della Ventilazione

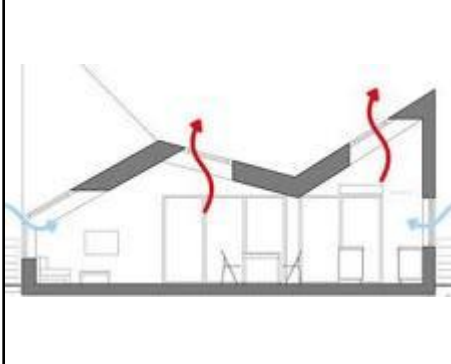
- Diluizione e rimozione degli inquinanti indoor
- Diluizione di inquinanti specifici (odori provenienti da servizi igienici – vapori di cottura)
- Garantire l'aria per l'attività metabolica degli occupanti
- Garantire il controllo dell'umidità interna ed evitare la formazione di condense e successivamente muffe
- Fornire il giusto apporto di aria comburente in presenza di apparecchiature a gas per uso domestico

Le Possibilità Per Ricambiare L'aria

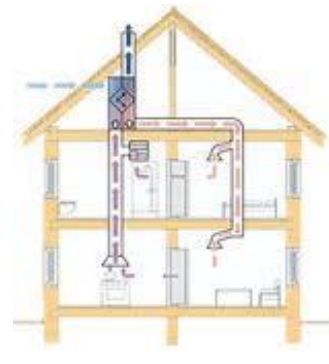
- ⇒ **1: Apertura dei serramenti (AERAZIONE) e infiltrazioni**
2: Ventilazione naturale
3. Ventilazione meccanica
4. Ventilazione ibrida
- } Dimensionamento di un sistema



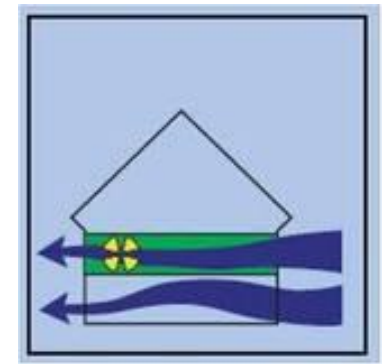
1



2



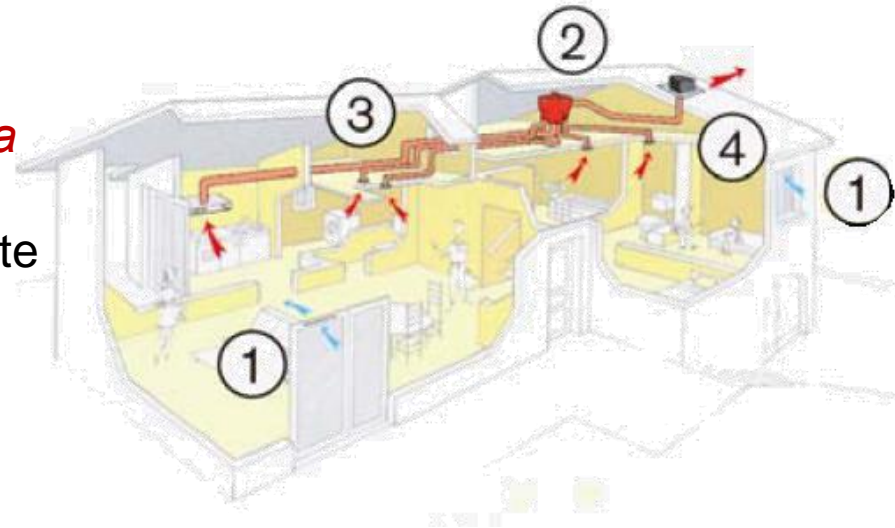
3



4

Ventilazione meccanica – semplice flusso

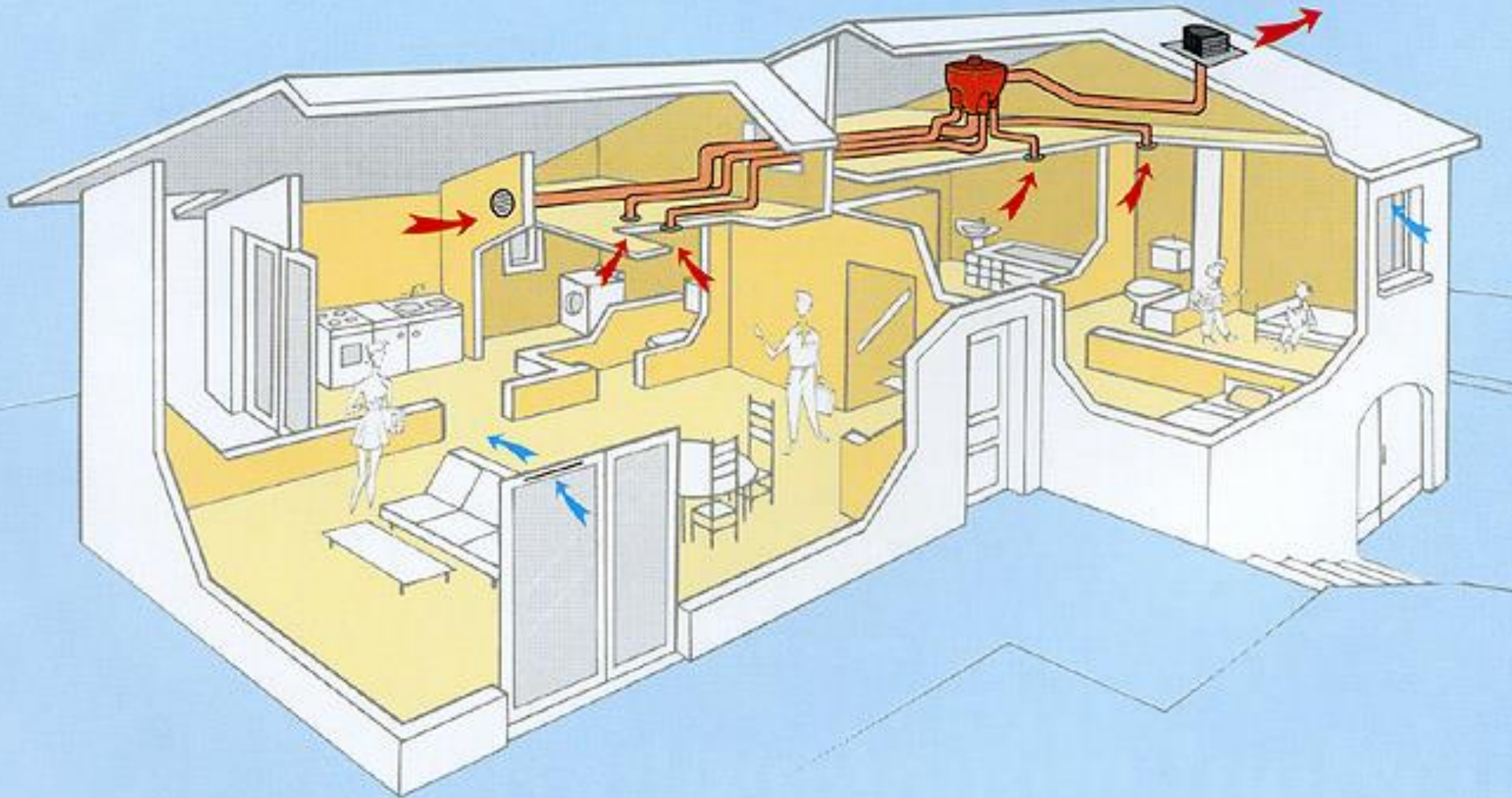
- Il sistema è costituito da un piccolo elettroventilatore di *estrazione dell'aria* collegato mediante condotti rigidi e/o flessibili a griglie di estrazione collocate nei locali di servizio (cucina e bagni).
- L'afflusso di aria esterna avviene mediante bocchette, disposte sulle pareti esterne o sui serramenti delle stanze "principali" (soggiorno e camere), munite di dispositivi di autoregolazione della portata o di dispositivi sensibili all'umidità relativa dell'ambiente.
- Per l'installazione condominiale centralizzata si installa un unico ventilatore (nel sottotetto o in esterno) da cui si dirama una serie di canali che collega le colonne montanti.



Abitazioni
condominiali

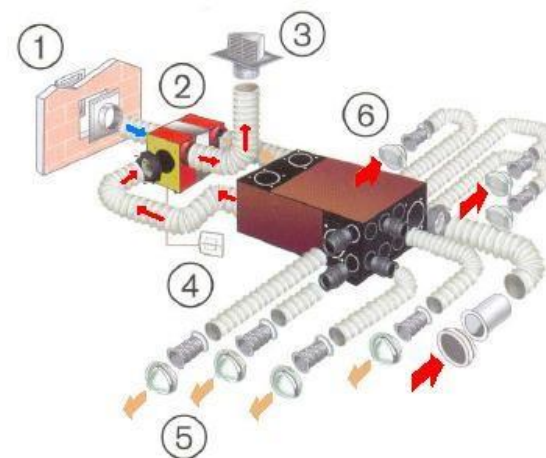
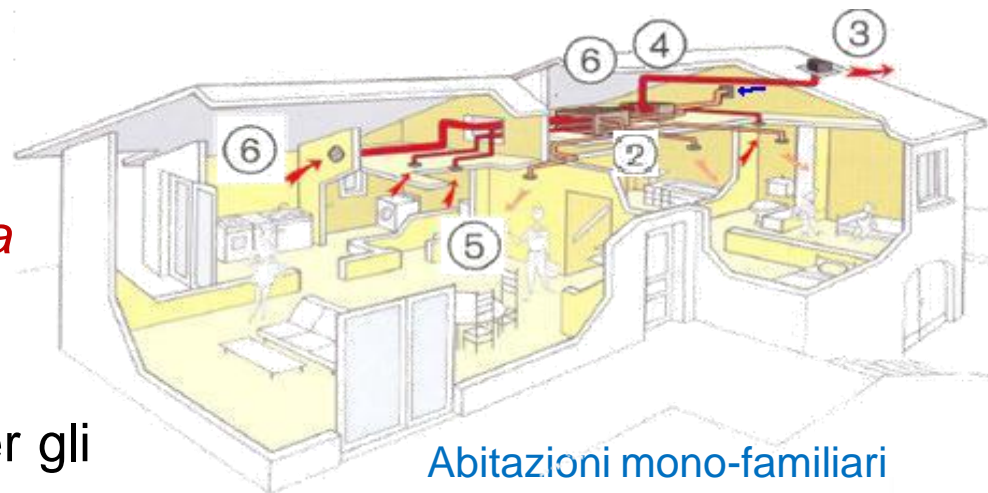
- 1) Ingressi aria
- 2) Gruppo estrazione
- 3) Condotti ed accessori
- 4) Uscita a tetto

Ventilazione unifamiliare a flusso (autoregolabile o) igroregorabile



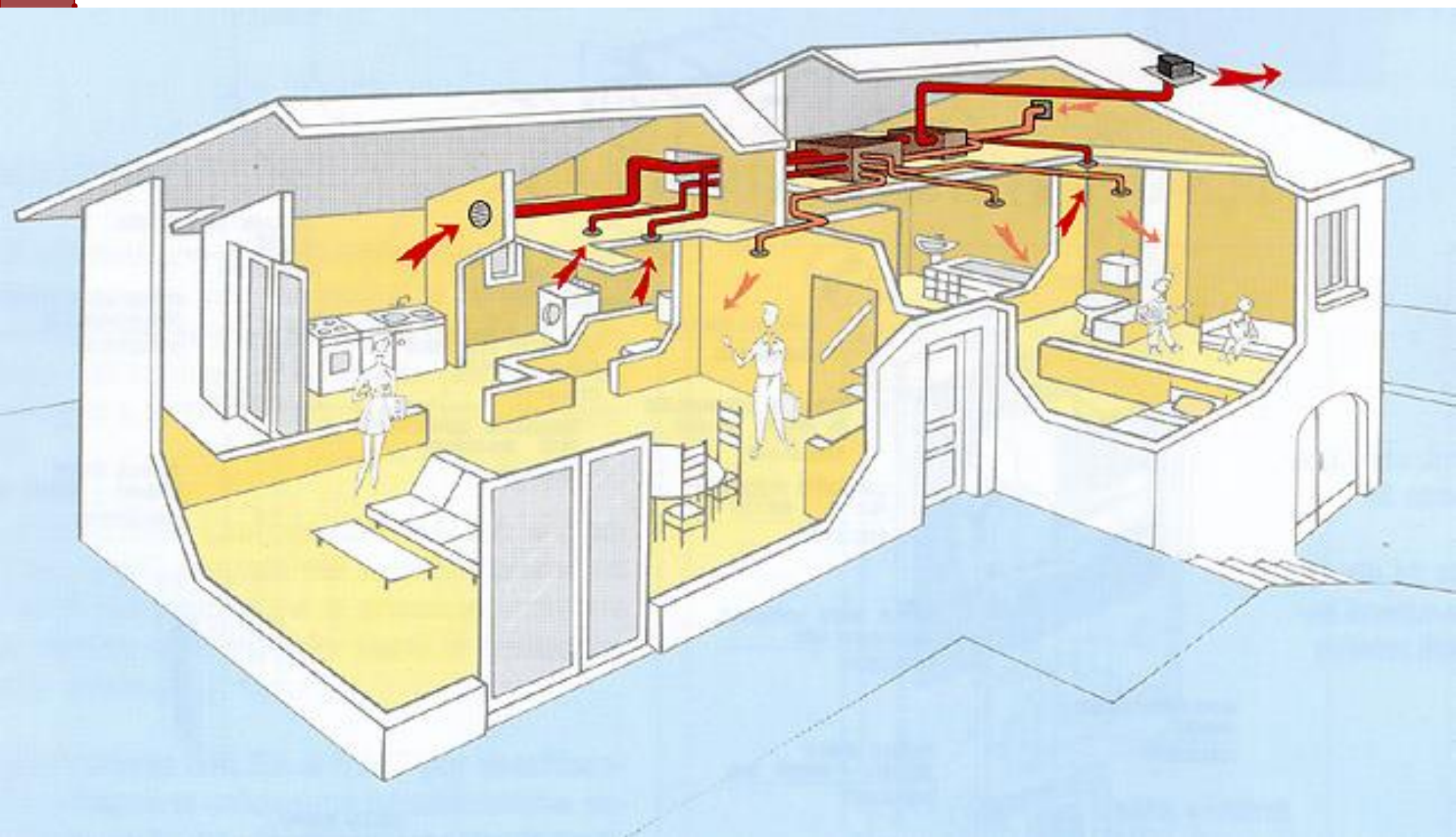
Ventilazione meccanica – doppio flusso

- *Un impianto a doppio flusso provvede meccanicamente sia alla mandata che alla ripresa dell'aria in ambiente.*
- L'estrazione avviene come per gli impianti a semplice flusso.
- Anche l'immissione è realizzata tramite canalizzazioni e bocchette in un circuito separato dal precedente.
- I flussi d'aria immessa ed estratta sono coordinati da un sistema di regolazione

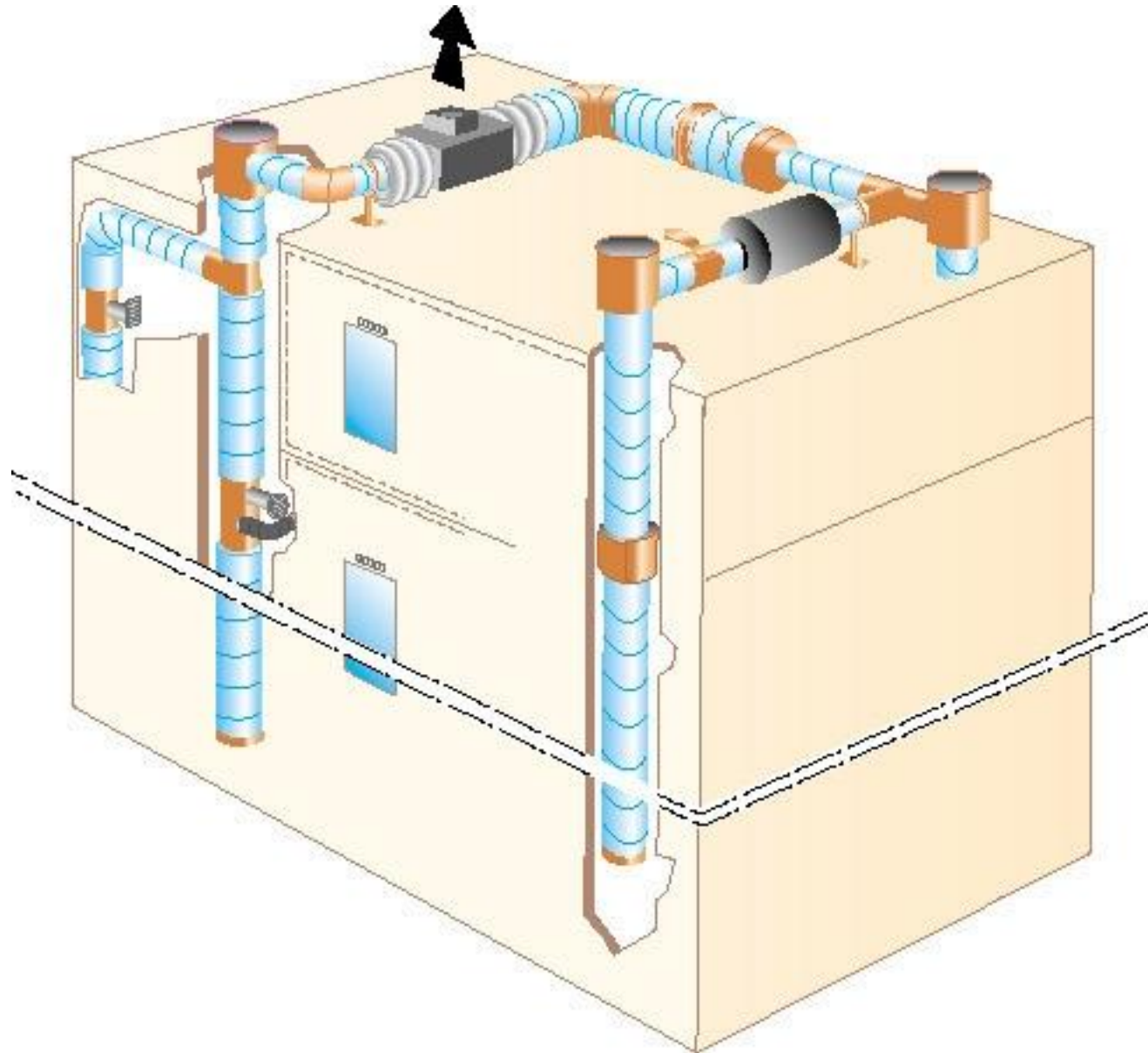


- 1) Presa d'aria esterna + filtro
- 2) Motoventilatore di Estrazione –immissione
- 3) Espulsione a tetto
- 4) Scambiatore di calore
- 5) Terminali di immissione aria nuova
- 6) Terminali di estrazione

Ventilazione unifamiliare a doppio flusso con recupero



Ventilazione condominiale a semplice flusso

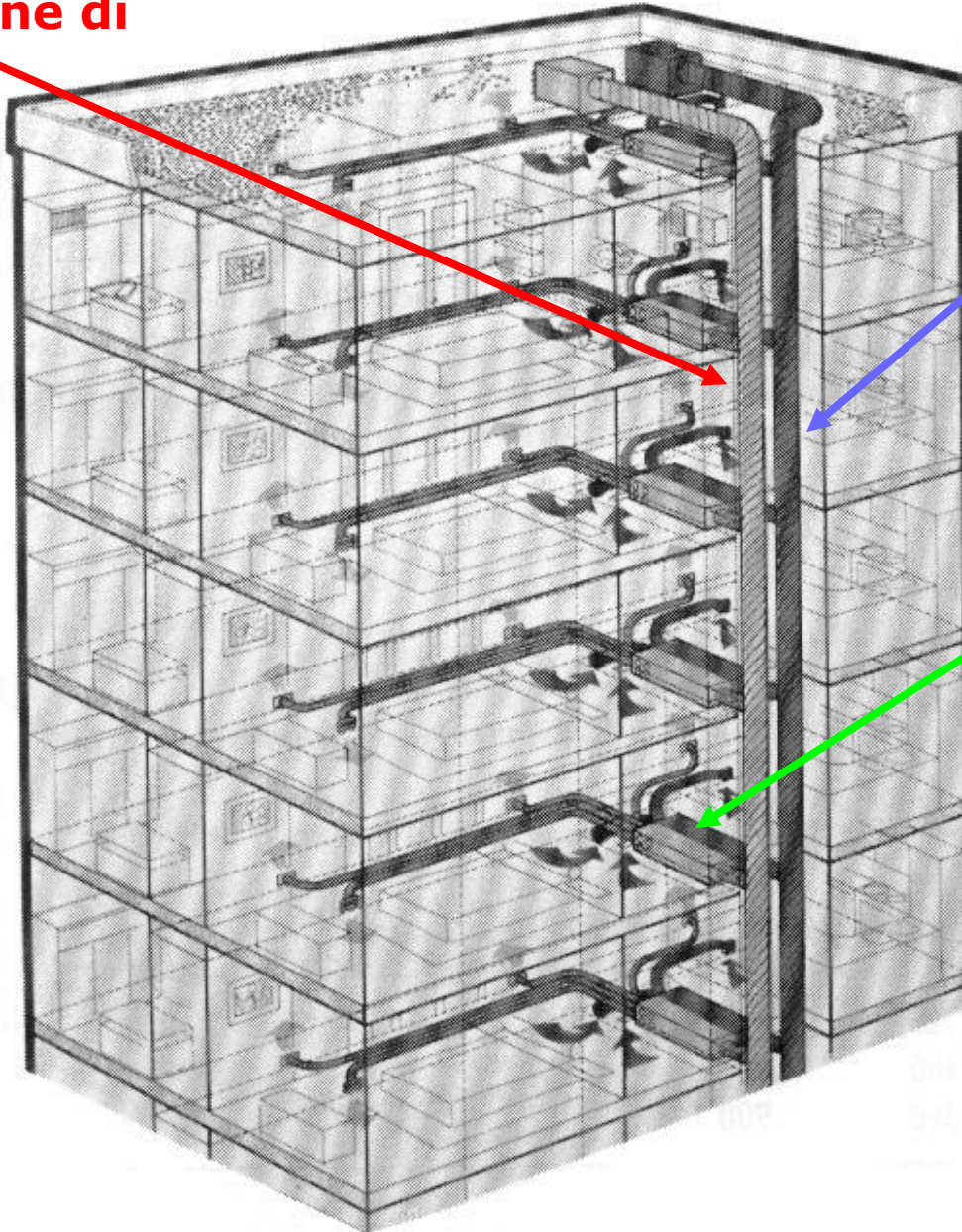


Ventilazione condominiale a doppio flusso con recupero

Canalizzazione di mandata

Canalizzazione di ripresa

Unità di recupero per singolo alloggio



SISTEMI MULTIENERGIA

Concetti Introduttivi 1/4

La riqualificazione impiantistica **sostenibile** finalizzata al miglioramento dell'efficienza energetica può essere attuata ibridando il sistema energetico a servizio dell'edificio (cioè del complesso di impianti tecnologici che realizzano la conversione delle energie primarie e secondarie disponibili ai fini del soddisfacimento dei fabbisogni energetici dell'edificio) attraverso l'impiego di fonti energetiche rinnovabili o assimilabili.

Concetti Introduttivi 2/4

Considerando che i fabbisogni energetici di un edificio possono essere:

- **termici**, per il riscaldamento degli ambienti e la produzione di acqua calda sanitaria;
- **frigoriferi**, per il raffrescamento degli ambienti e la deumidificazione dell'aria;
- **elettrici**, per l'illuminazione, per gli usi obbligati e per gli ausiliari degli impianti;

l'ibridazione consiste nell'utilizzare una combinazione di fonti energetiche, sfruttando almeno una di tipo rinnovabile, per coprire tali fabbisogni con la massima efficienza energetica.

Concetti Introduttivi 3/4

L'obiettivo dei **sistemi multi-energia** è duplice:

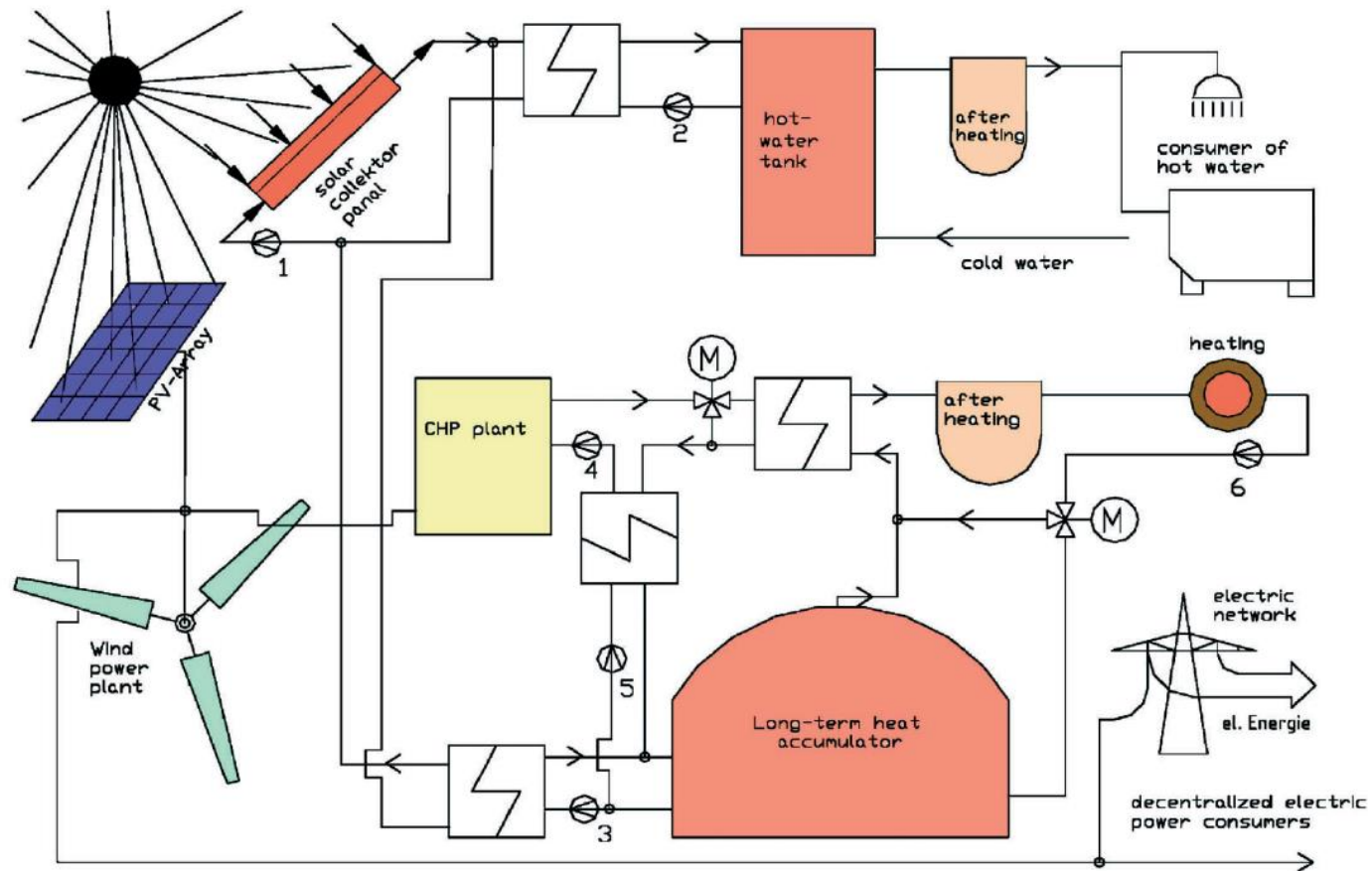
- diminuire il consumo di energia primaria da fonti non rinnovabili;
- generare energia nello stesso sito in cui si consuma.

Non vi è dubbio alcuno che in futuro essi troveranno applicazione non solo per gli interventi di nuova costruzione ma anche per gli interventi di riqualificazione degli impianti esistenti.

Concetti Introduttivi 4/4

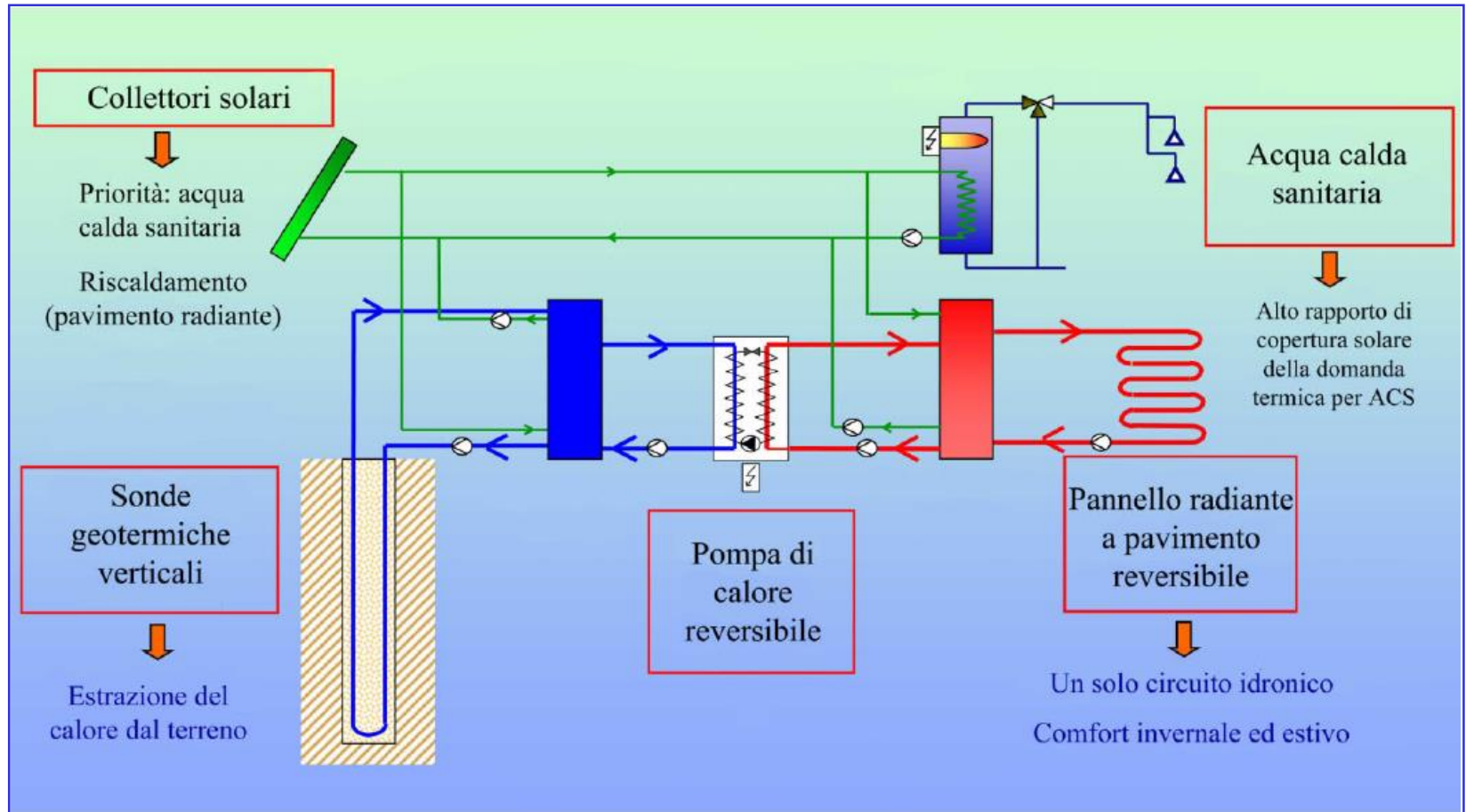
- In un tale scenario, lo sfruttamento delle energie rinnovabili dovrà essere pensato non solo in funzione dei fabbisogni del singolo edificio ma anche in relazione alla rete energetica complessiva.
- Si pensa infatti che la rete elettrica / energetica evolverà verso un assetto non gerarchico caratterizzato da una generazione di energia decentralizzata e distribuita e sarà quindi costituita da una molteplicità di nodi allo stesso tempo produttori e consumatori di energia sia sotto forma elettrica sia sotto altre forme, chimica, termica, idrogeno, ecc.

Esempi di Integrazione 1/8



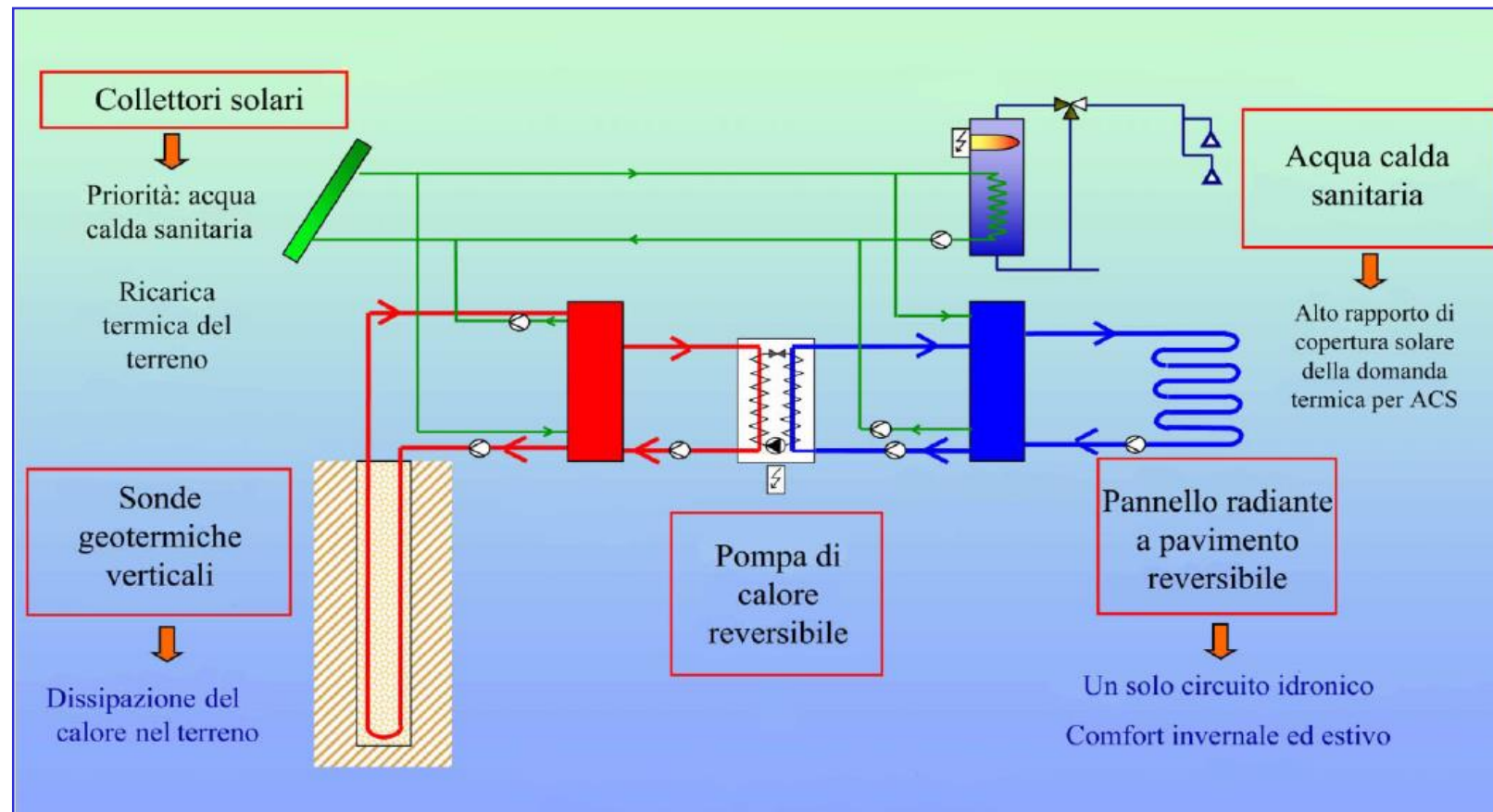
Impianto di cogenerazione a servizio di un complesso edilizio integrato ad impianto solare termico, solare fotovoltaico ed eolico (Sontag & Lange, 2003)

Esempi di Integrazione 2/8



Schema di un impianto a pompa di calore “geotermica” accoppiata a collettori solari termici: **funzionamento in modalità riscaldamento** (Trillat Berdal et al., 2006)

Esempi di Integrazione 3/8



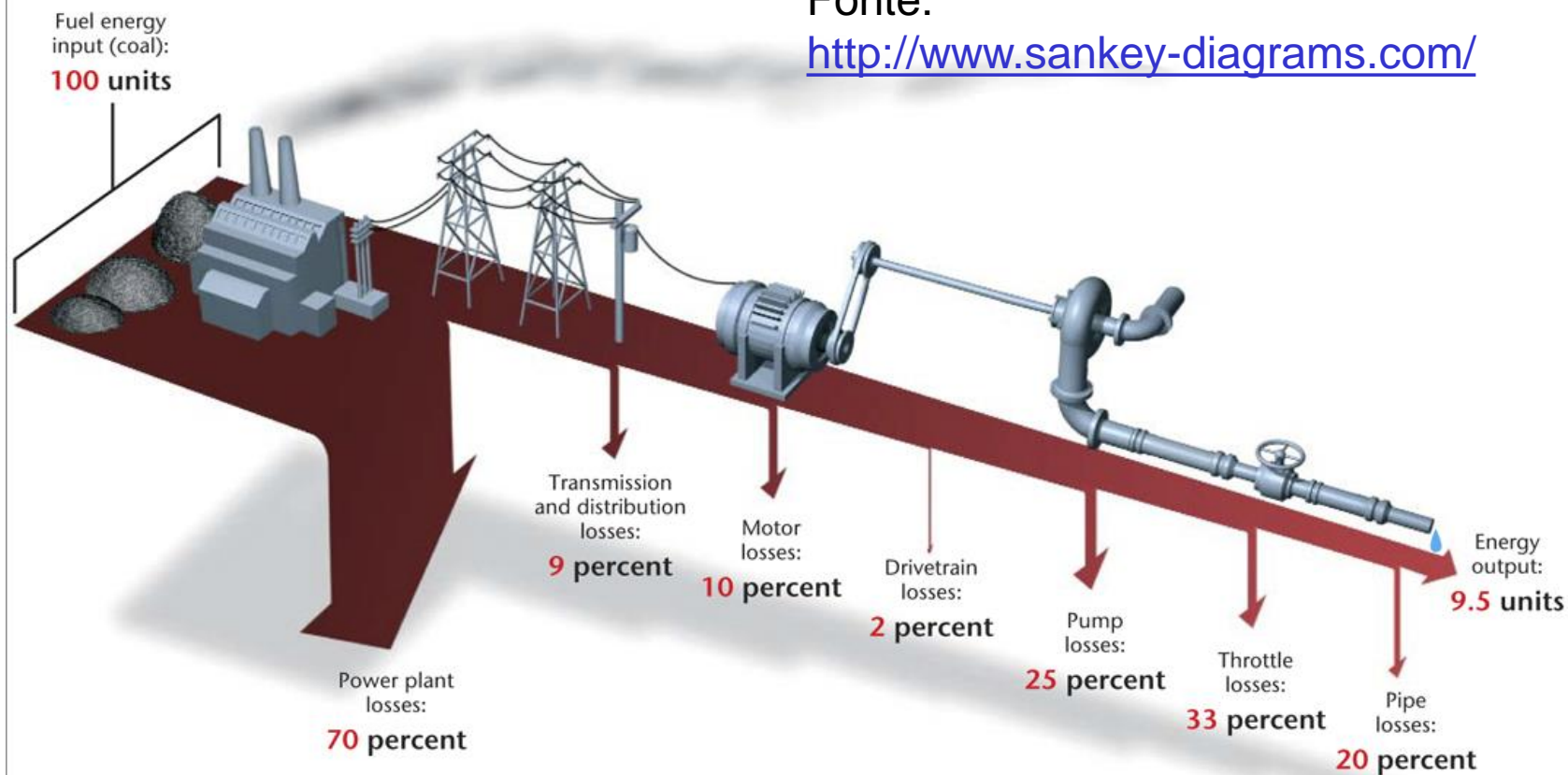
Schema di un impianto a pompa di calore “geotermica” accoppiata a collettori solari termici: **funzionamento in modalità raffrescamento** (Trillat Berdal et al., 2006)

Le Rete Elettrica di Oggi

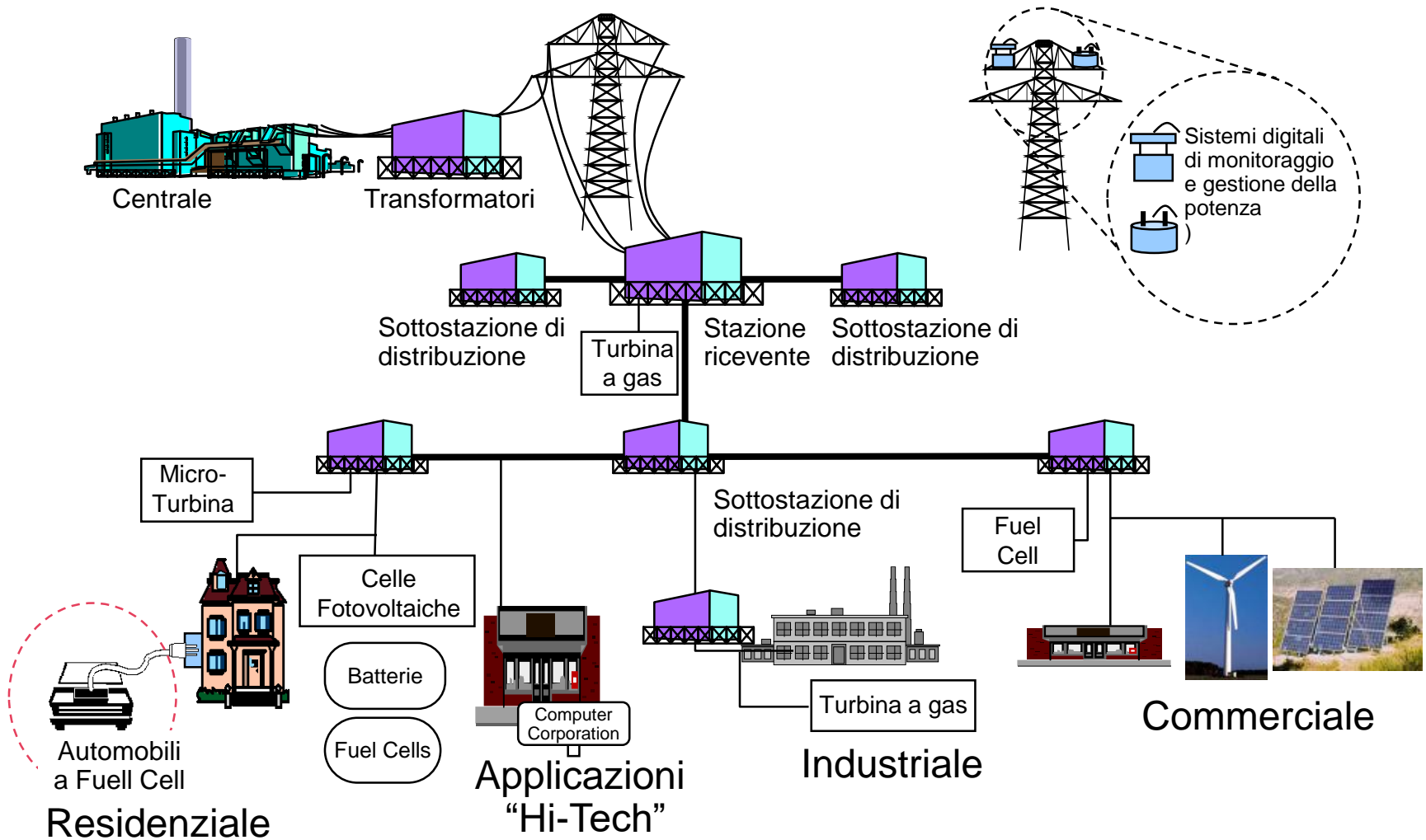
“More than 90% of energy extracted from the ground is wasted before it becomes useful work.”

Fonte:

<http://www.sankey-diagrams.com/>



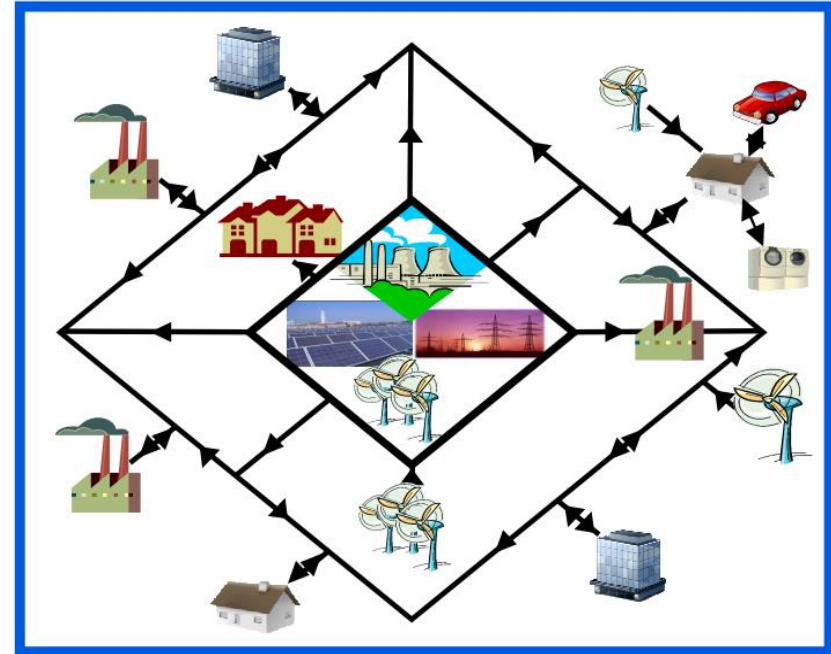
Le Rete Elettrica di Domani



La Generazione Distribuita

Si basa su unità produttive (campi eolici, fotovoltaici, centrali a biomasse, cogeneratori) di piccole-medie dimensioni

- Minore costo di distribuzione
- Generazione da fonti rinnovabili
- Maggiore efficienza produttiva
- Flusso multidirezionale dell'energia
- I consumatori diventano anche produttori

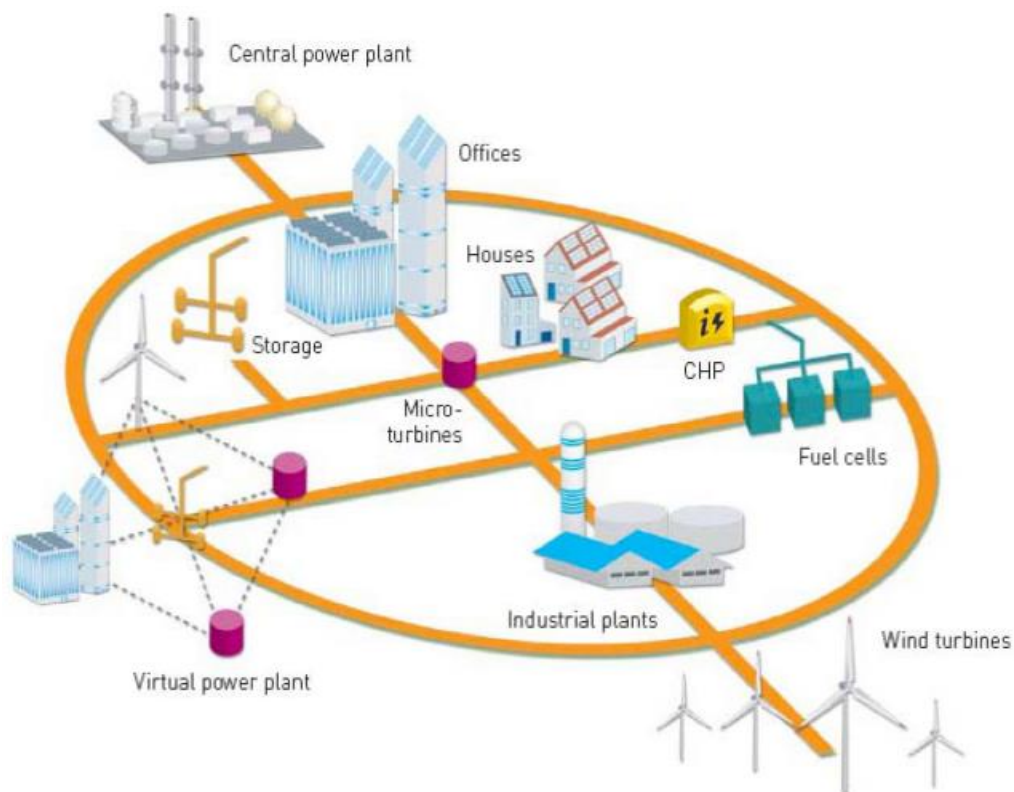


La rete elettrica cambia completamente ruolo e funzioni. E' destinata trasformarsi da rete "passiva" a "attiva" e "intelligente" (**smart grid**), capace di gestire e regolare più flussi elettrici che viaggiano in maniera discontinua e bi-direzionale.

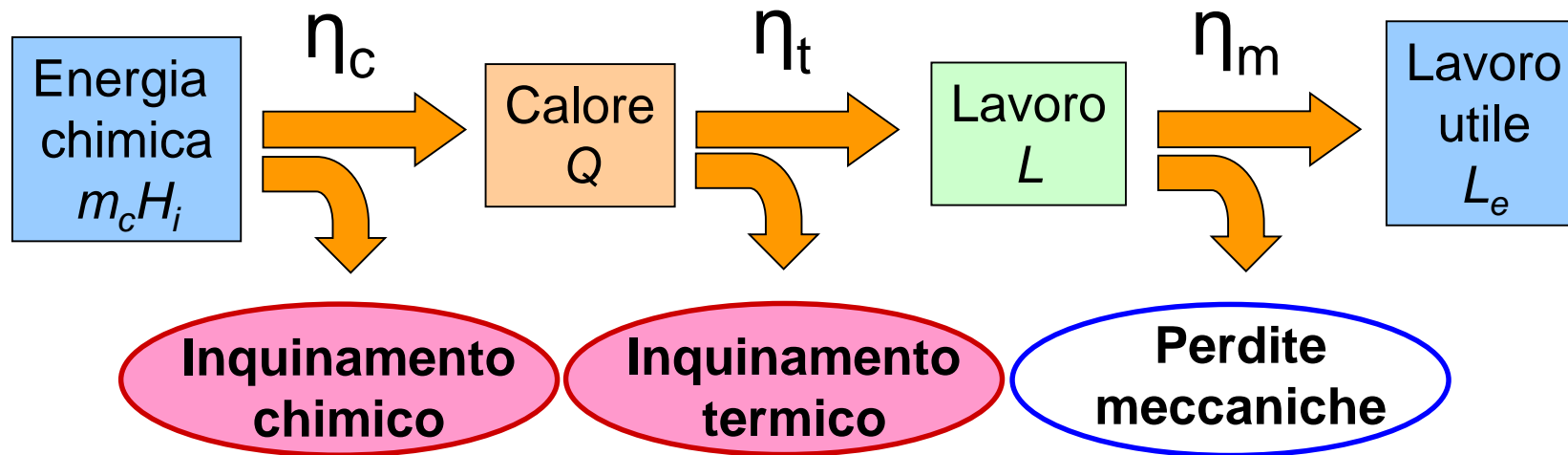
Le Smart Grid

Una Smart Grid costituita da una serie di “mini-reti”, ove chiunque può produrre localmente energia e utilizzarla per le proprie esigenze.

Al tempo stesso, grazie alla tecnologia dei contatori intelligenti, **il flusso energetico deve poter avvenire in senso bidirezionale**: ossia, i produttori locali potranno attingere dalla rete principale o usufruire di essa per rivendere all'ente erogatore la propria produzione di energia elettrica.



Dalla Richiesta al Consumo di Energia Primaria



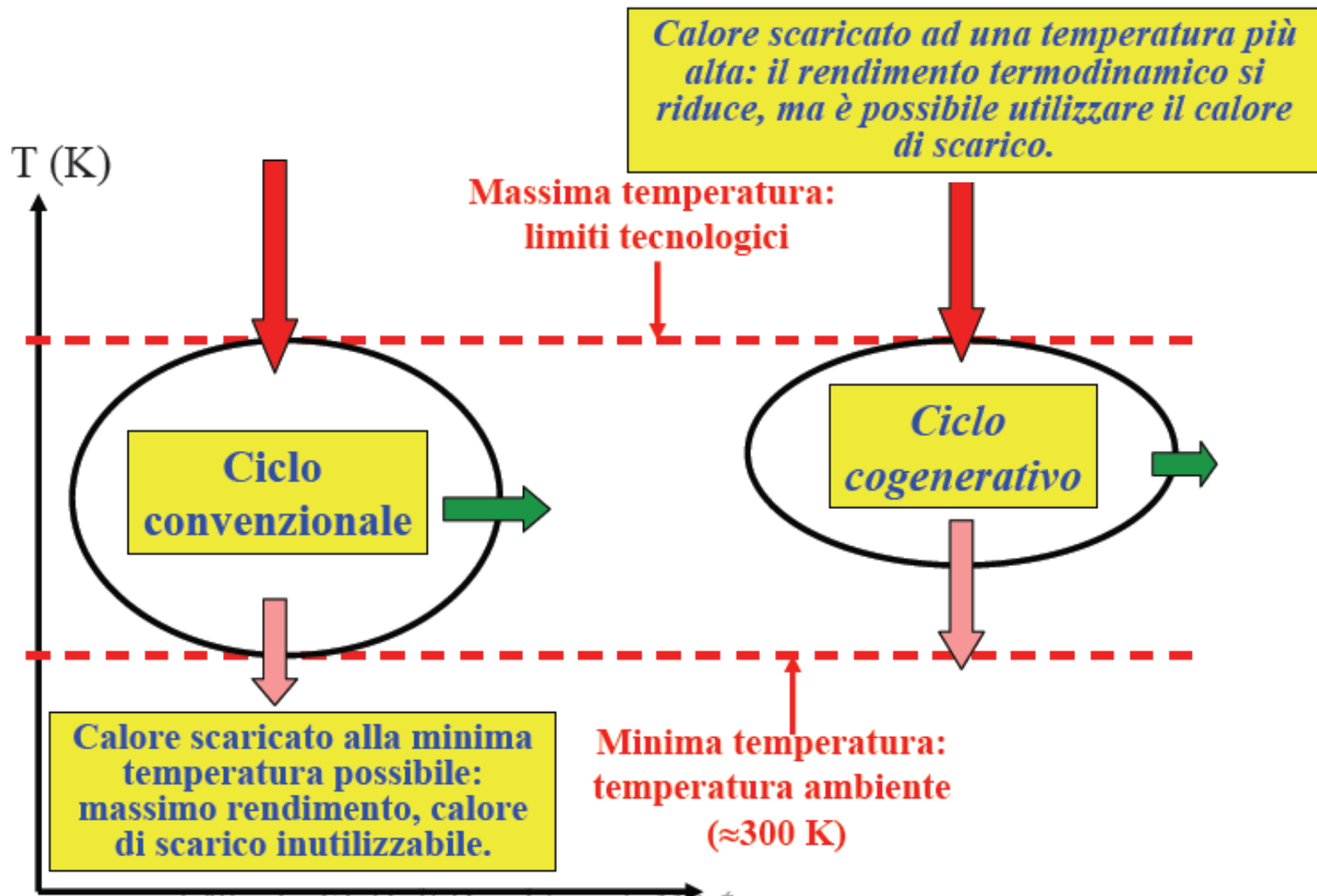
Rendimento globale

$$\eta_g = \eta_c \cdot \eta_t \cdot \eta_m = \frac{L_e}{m_c H_i}$$

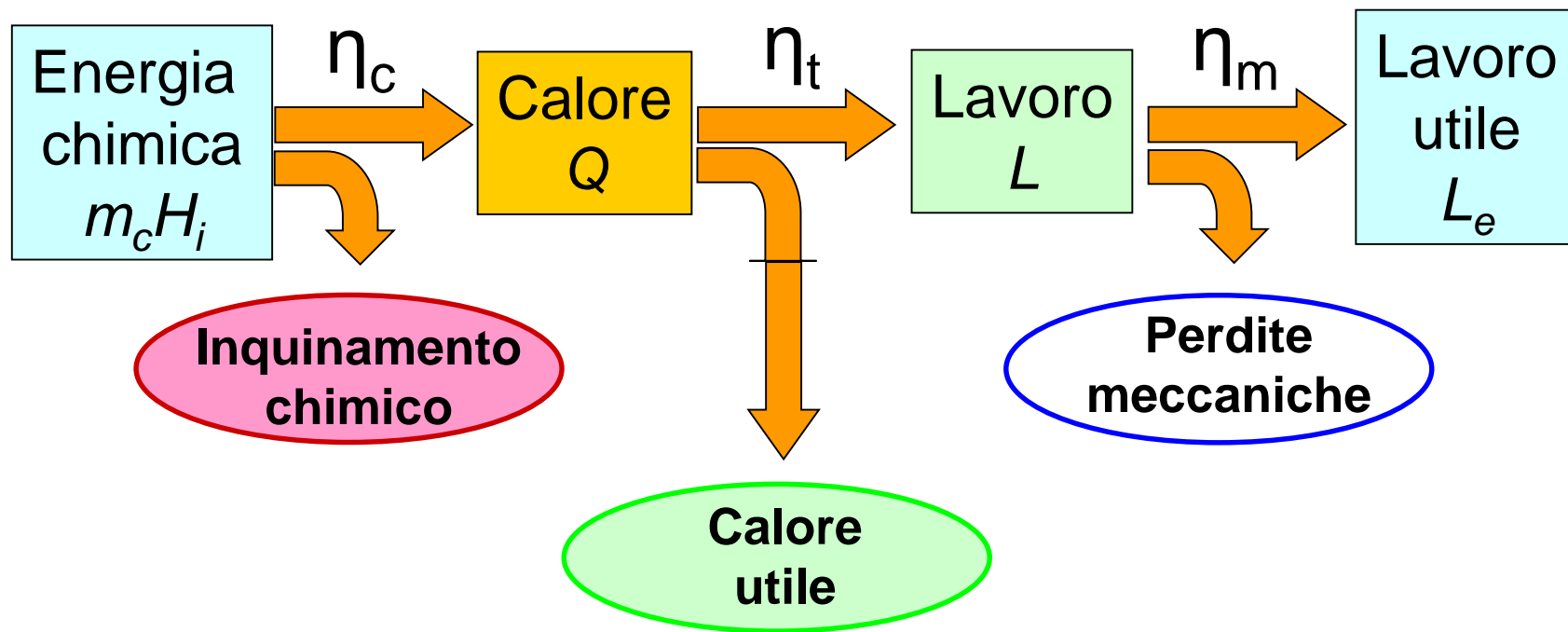
Consumo specifico di combustibile

$$(m_c)_s = \frac{m_c}{L_e} = \frac{1}{\eta_g H_i} \left[\frac{g}{kWh} \right]$$

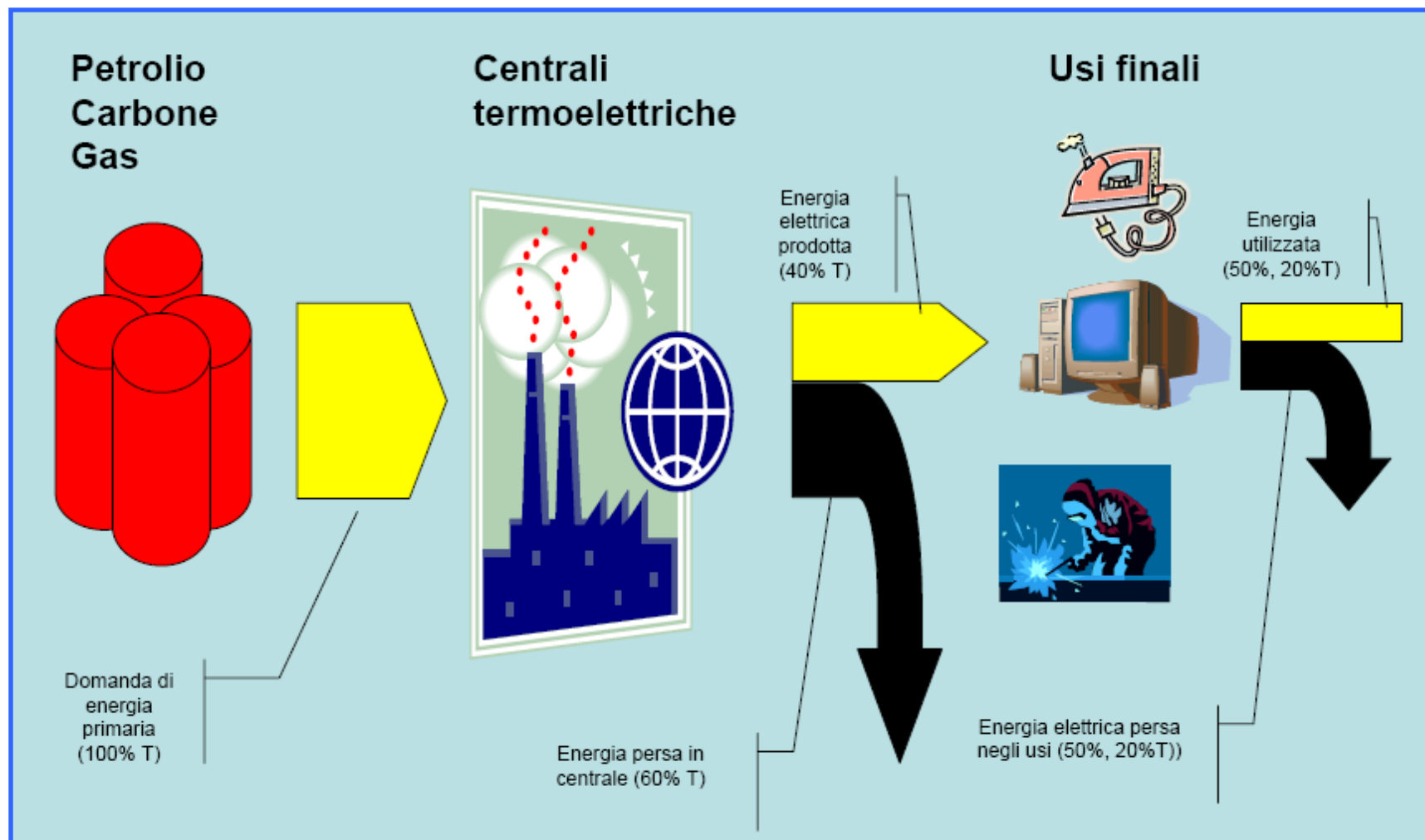
La Cogenerazione



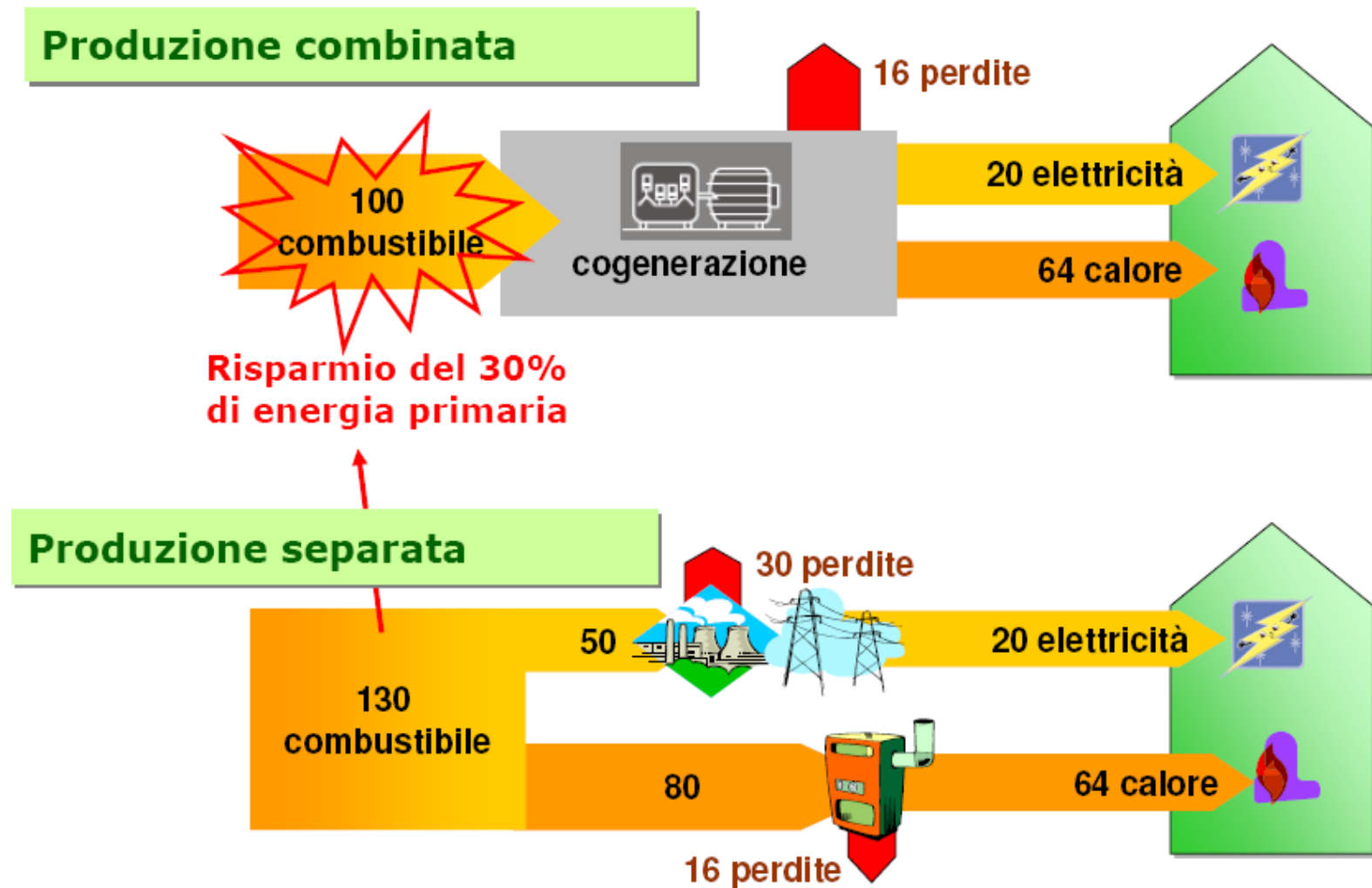
Cogenerazione: produzione contemporanea di Calore e Lavoro



L'Efficienza Energetica



I Vantaggi della Cogenerazione 1/2



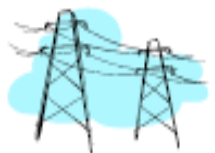
I Vantaggi della Cogenerazione 2/2



**risparmi di energia primaria pari mediamente al 20-30%
(gas, olio combustibile, ...)**



**riduzione delle emissioni climalteranti (in particolare
CO2) connessi al risparmio di energia primaria**



**minori perdite di distribuzione per il sistema elettrico
nazionale per gli impianti di piccola taglia**



**sostituzione di modalità di fornitura di calore più
inquinanti**

Alcune Osservazioni

- In una centrale di cogenerazione il calore di scarico delle macchine ha livelli termici elevati e di conseguenza può essere utilizzato in diversi modi:
 - produzione di acqua calda per usi civili o industriali,
 - produzione di vapore per teleriscaldamento o per processi industriali,
 - utilizzo diretto dei fumi depurati per essiccamento o riscaldamento.
- Le perdite di calore, l'energia necessaria per il pompaggio dell'acqua o del vapore nelle reti di trasporto pongono però dei limiti alla distribuzione del calore su grande scala; infatti se effettuata su un'area troppo vasta i vantaggi energetici ottenuti con la produzione combinata si perdono nella distribuzione alle utenze.

Le utenze termiche devono perciò concentrarsi in aree limitrofe all'impianto di produzione nonostante il sistema di trasmissione del calore sia efficiente e ben progettato.

La Generazione Distribuita

La generazione distribuita (spesso indicata con l'abbreviazione anglosassone DG) consiste nell'installazione localizzata, vicino agli utilizzatori, di unità di generazione elettrica, le cui taglie di potenza variano, generalmente, da qualche chilowatt a qualche megawatt.

La generazione distribuita offre dei vantaggi non marginali rispetto alla classica generazione elettrica:

- produzione limitata al solo quantitativo di elettricità necessario all'utenza locale,
- impatto ambientale distribuito e non concentrato attorno alla singola centrale,
- assenza di perdite di trasporto sulle reti di distribuzione.

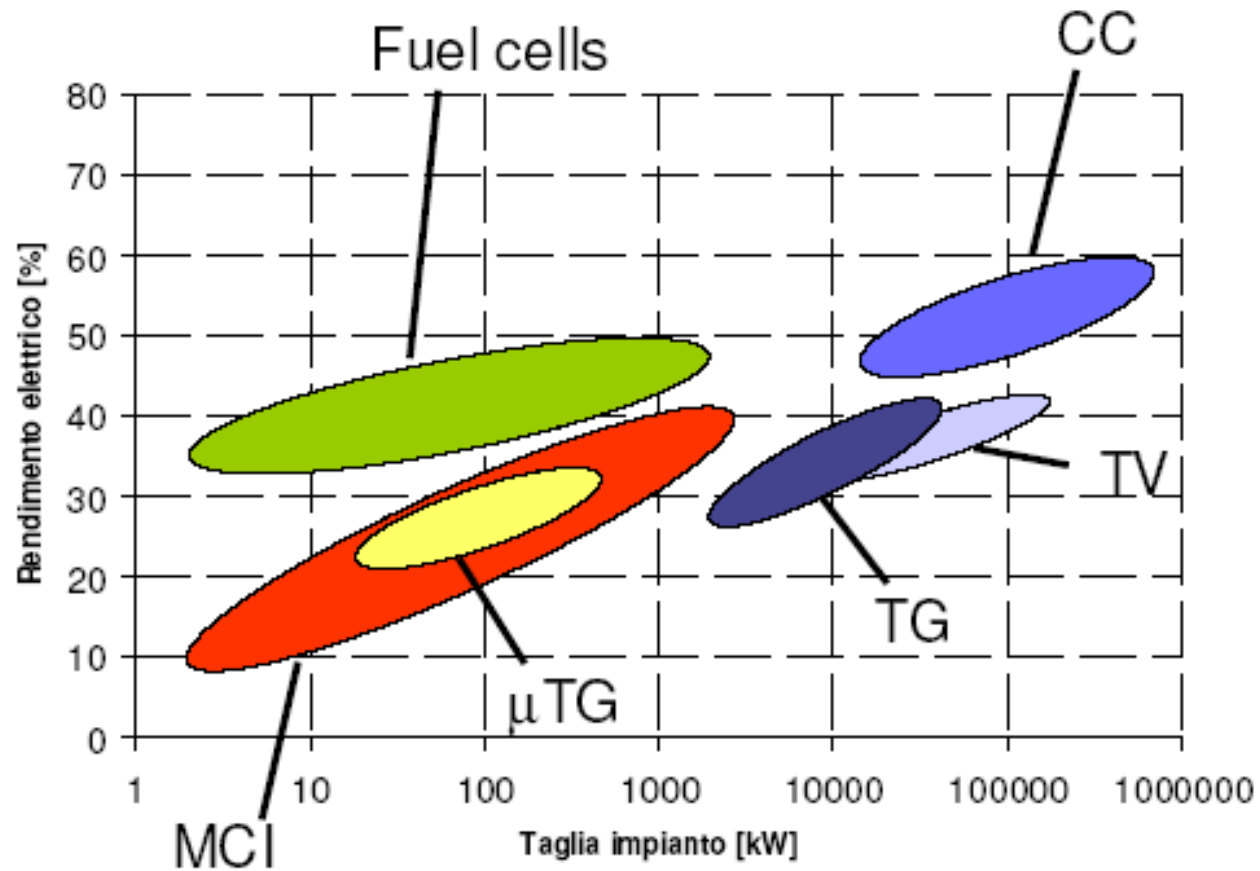
La Micro-Cogenerazione

La micro-cogenerazione è la cogenerazione su piccola scala.

Essa permette:

- risparmio di energia primaria con diminuzione dei costi energetici;
- miglioramento dell'impatto ambientale e riduzione delle emissioni (si emettono in atmosfera centinaia di migliaia di tonnellate di anidride carbonica in meno);
- nessuna perdita di distribuzione calore;
- nessuna perdita di distribuzione e trasmissione dell'elettricità (riversata direttamente nelle linee a bassa tensione);
- limitazione delle cadute di tensione sulle linee finali di utenza;
- esposizioni finanziarie minori grazie a taglie ridotte ed a tempi di installazione rapidi;
- possibilità di penetrazione in zone isolate e difficilmente accessibili.

Le Tecnologie della Cogenerazione



Tipologie Impiantistiche

Turbina a vapore

Parte del calore presente nel vapore viene utilizzato per scopi diversi dalla generazione di energia elettrica (ad es. teleriscaldamento, industria, ecc)

Motori a combustione interna

I motori più comuni impiegano il gas metano o il gasolio come combustibile. Viene recuperato il calore contenuto nei fumi di scarico e nei fluidi di raffreddamento del motore

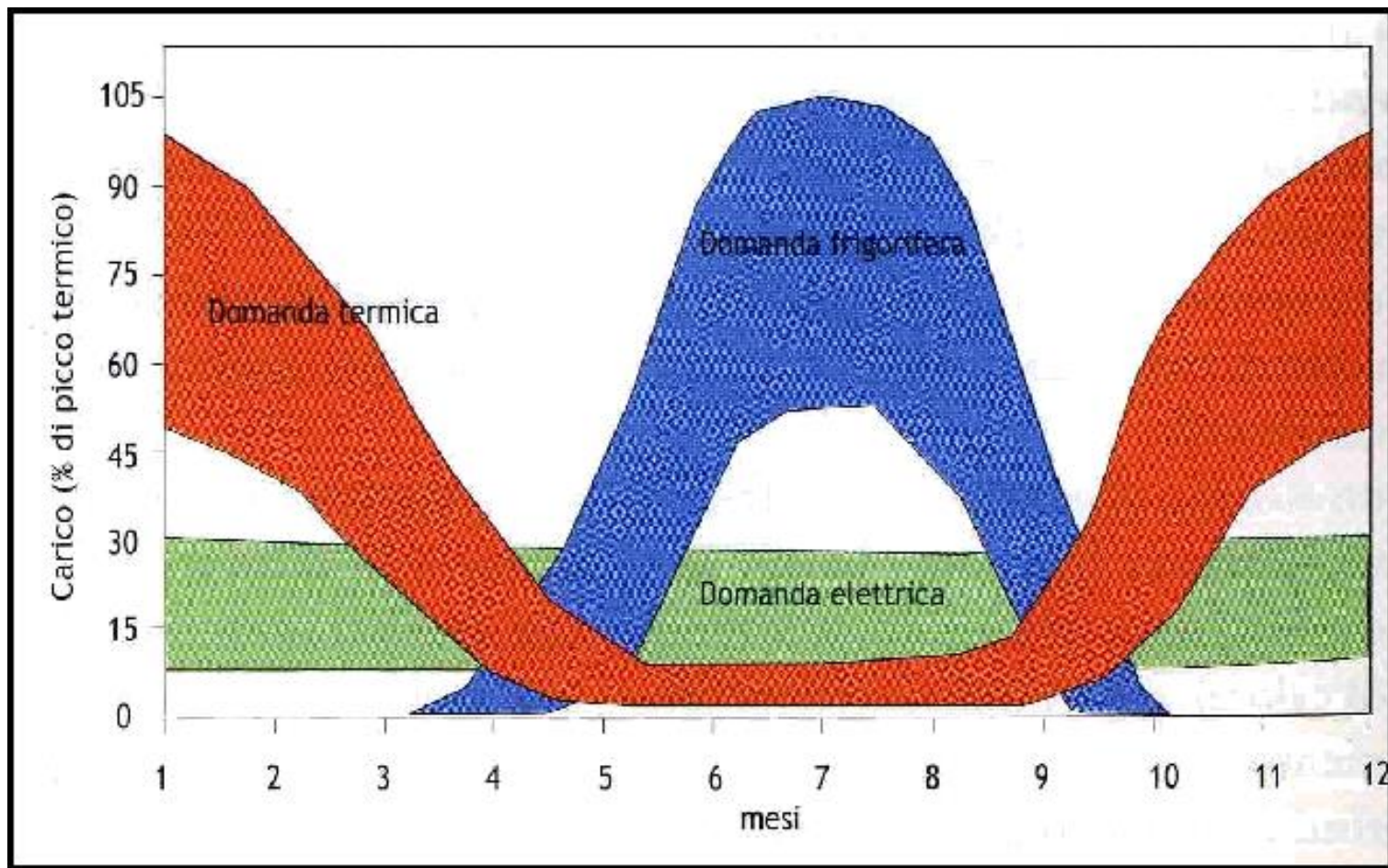
Turbine a gas

L'energia termica è recuperata dai fumi caldi tramite l'utilizzo di appositi scambiatori di calore.

Cicli combinati

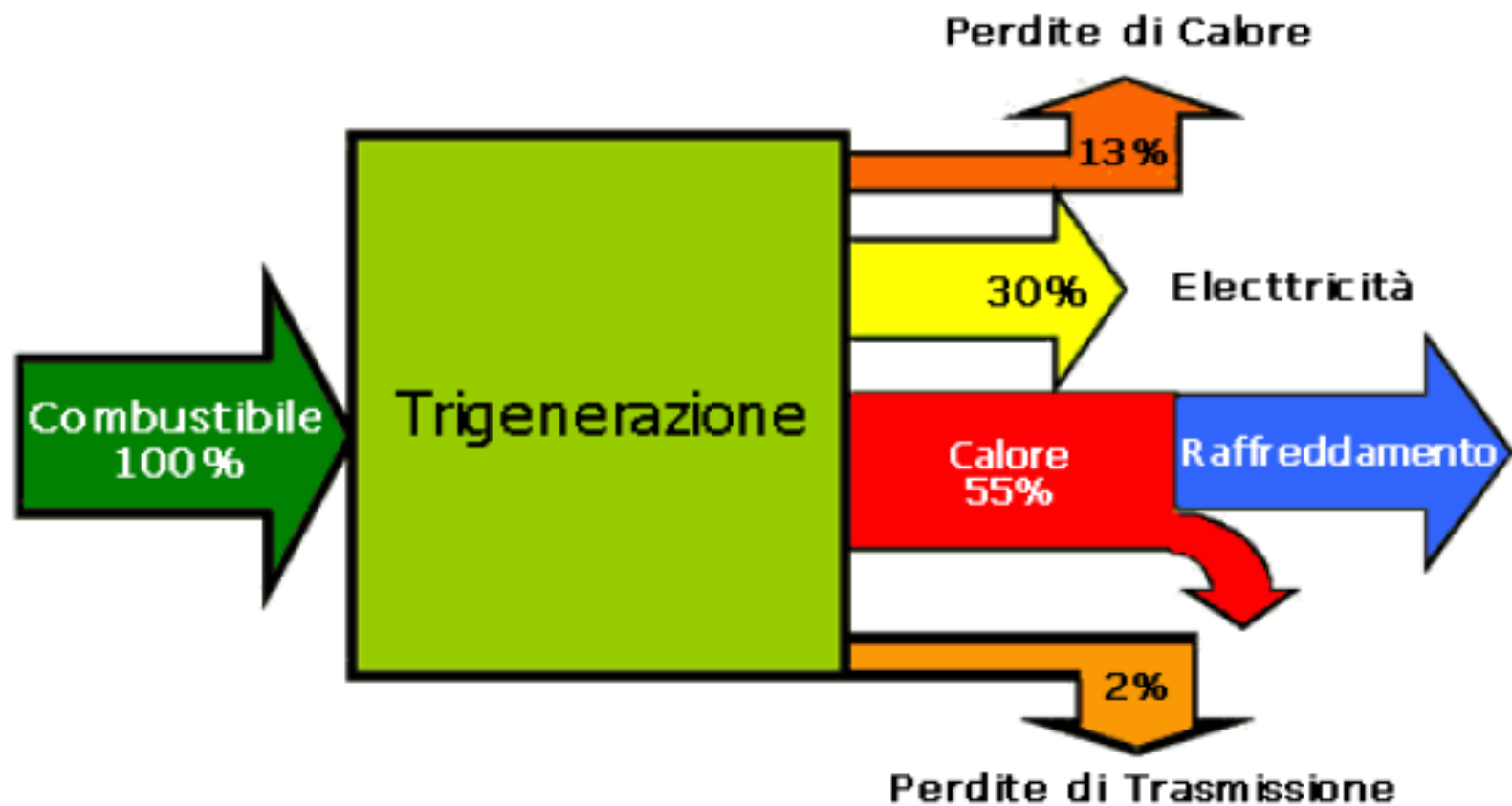
Il calore dei fumi caldi in uscita da una turbina a gas alimenta una caldaia a recupero (GVR) che produce il vapore per una turbina tradizionale. Parte del calore presente nel vapore viene quindi utilizzato per scopi diversi dalla generazione di energia elettrica.

La Richiesta Energetica



Tratto da "La microgenerazione a gas naturale" di Macchi-Campanari-Silva

La Trigenerazione



Grazie dell'attenzione

Angelo Zarrella

Dipartimento di Ingegneria Industriale

Università degli Studi di Padova

Via Venezia 1 – 35131 Padova

angelo.zarrella@unipd.it

049 827 6871