



UNIVERSITÀ
DI PAVIA

DIPARTIMENTI DI GIURISPRUDENZA, INGEGNERIA INDUSTRIALE E DELL'INFORMAZIONE,
SCIENZE ECONOMICHE E AZIENDALI, SCIENZE POLITICHE E SOCIALI, STUDI UMANISTICI

CORSO DI LAUREA INTERDIPARTIMENTALE IN

COMUNICAZIONE DIGITALE

Sostenibilità e educazione al risparmio energetico:

L'“Interfaccia della consapevolezza” al Ctrl+Alt Museum di Pavia

Relatore:

Prof Gianpiero Giuseppe Lotito

Correlatore:

Prof Flavio Antonio Ceravolo

Tesi di laurea di Andrea Calori

Matricola n. 526594

ANNO ACCADEMICO 2023/24

Indice

Abstract	3
1. La storia della trasformazione energetica	4
2. Perché controllare i consumi?	6
2.1. La situazione energetica e i consumi in Italia	10
2.2. La produzione energetica in Italia ed Europa	13
3. Quali tecnologie esistono già?	31
3.1. IoT	34
3.2. L'origine delle risorse e il problema dei semiconduttori	40
3.3. Sbocchi sul mercato	44
3.4. L'intelligenza artificiale	52
4. Il caso dell'Ctrl+Alt Museum di Pavia	55
4.1. La qualità dell'aria	59
4.2. La compartimentazione	66
4.3. L'energia del sole	69
4.4. Gli scenari tecnologici al Museum	74
4.5. I costi da affrontare	80
4.6. L'interfaccia della consapevolezza	83
4.7. L'idea della didattica e dell'educazione al risparmio energetico	87
4.8. Esempi di consumi	89
5. Bilancio di sostenibilità	97
Conclusioni	102
Bibliografia e sitografia	106

Abstract

Questa tesi esplora la complessa relazione tra sostenibilità ambientale e progresso tecnologico, concentrandosi sulla necessità di un controllo più efficiente dei consumi energetici per affrontare le sfide contemporanee legate al cambiamento climatico e alla gestione delle risorse. Viene analizzata l'evoluzione della trasformazione energetica, dalla sua genesi fino alle attuali necessità di monitoraggio e ottimizzazione, con un focus sulle tecnologie emergenti come l'Internet of Things (IoT) e l'intelligenza artificiale, strumenti chiave per realizzare un consumo più responsabile e consapevole.

Un elemento centrale dell'analisi è rappresentato dal caso studio del **Ctrl+Alt Museum di Pavia**, dove viene introdotta l'"Interfaccia della Consapevolezza". Questo sistema tecnologico innovativo consente di monitorare in tempo reale i consumi energetici, fornendo agli utenti informazioni chiare e intuitive per incentivare comportamenti virtuosi e promuovere un approccio sostenibile alla gestione delle risorse. L'efficacia del sistema è valutata attraverso simulazioni in diverse condizioni climatiche, dimostrando la sua adattabilità e il potenziale impatto positivo sulla riduzione degli sprechi.

Allo stesso tempo, l'Interfaccia della Consapevolezza diventa uno **strumento educativo** per far capire a studenti e adulti l'importanza della sostenibilità ambientale e dell'educazione al risparmio energetico.

Grazie alla guida di Beppe Leone, Fondatore e attuale gestore del **Museum** e Alessio Scipione, anche lui Fondatore del **Museum** e CEO della società di prototipazione industriale Coherency, Main Sponsor del **Museum** stesso, è stato esplorato il significato e le caratteristiche tecnologiche dell'Interfaccia, e la sua valenza educativa.

La tesi si conclude con uno sguardo al futuro, immaginando l'integrazione di tecnologie ancora più avanzate, come l'intelligenza artificiale di nuova generazione, che potrebbero amplificare le capacità di analisi e ottimizzazione dei consumi. L'obiettivo finale è quello di fornire soluzioni concrete per conciliare la sostenibilità ambientale con la necessità di innovazione tecnologica, ponendo le basi per un modello di sviluppo energetico più equo ed efficiente.

1. La storia della trasformazione energetica

La trasformazione energetica rappresenta un cambiamento cruciale nel modo in cui l'umanità genera e consuma energia, attraversando varie tappe storiche che hanno influenzato profondamente le economie, le società e l'ambiente. Questo percorso ha avuto inizio con l'utilizzo di fonti energetiche primarie, come il legno e la forza muscolare, per poi evolversi fino alla transizione attuale verso fonti rinnovabili e sostenibili, spinta dalla necessità di affrontare le sfide ambientali globali.

Per millenni, l'umanità ha utilizzato fonti energetiche semplici e locali. Il legno rappresentava la principale fonte di energia per riscaldamento, cottura e per i primi processi industriali, mentre l'energia muscolare, sia umana che animale, era essenziale per l'agricoltura e il trasporto. Questa situazione cambiò radicalmente con l'invenzione della macchina a vapore nella seconda metà del XVIII secolo, segnando l'inizio della Rivoluzione Industriale.

La macchina a vapore, alimentata a carbone, divenne il simbolo di questa trasformazione. Il carbone, disponibile in abbondanza, consentì la produzione energetica su vasta scala, favorendo l'industrializzazione, inizialmente in Gran Bretagna e successivamente in Europa e negli Stati Uniti. Questa nuova fonte di energia non solo incrementò la produttività delle fabbriche, ma rivoluzionò anche i trasporti con l'introduzione di ferrovie e navi a vapore. Tuttavia, l'uso intensivo del carbone comportò gravi conseguenze ambientali, tra cui l'inquinamento atmosferico e un significativo aumento delle emissioni di anidride carbonica (CO₂) nell'atmosfera.

Il XX secolo vide una trasformazione radicale del panorama energetico globale con l'introduzione del petrolio e l'elettrificazione su larga scala. La scoperta di vasti giacimenti petroliferi e il perfezionamento dei motori a combustione interna misero il petrolio al centro dell'economia mondiale, diventando la principale fonte energetica per i trasporti, dai veicoli privati agli aerei e alle navi moderne. Questo cambiamento non solo alimentò una crescita senza precedenti nel settore dei trasporti, ma ridisegnò anche la geopolitica globale, con il controllo delle risorse petrolifere che divenne un elemento cruciale nelle relazioni internazionali.

Contemporaneamente, l'elettricità rivoluzionò la vita quotidiana e il settore industriale, modificando profondamente il modo in cui le società operavano e interagivano. Inizialmente prodotta da centrali a carbone e successivamente da impianti idroelettrici e nucleari, l'energia elettrica divenne indispensabile per abitazioni, industrie e servizi. Le reti elettriche si espansero rapidamente per raggiungere una fetta sempre maggiore della popolazione globale, consentendo un miglioramento significativo delle condizioni di vita e delle opportunità economiche, soprattutto nelle aree urbane.

Sebbene il petrolio e l'elettricità abbiano apportato enormi benefici economici e sociali, hanno anche sollevato nuove sfide. La crescente dipendenza dai combustibili fossili, come petrolio e carbone, ha alimentato l'esaurimento delle risorse naturali e intensificato le preoccupazioni ambientali. Gli incidenti legati all'estrazione e al trasporto del petrolio, come le fuoriuscite, e i disastri nucleari, come quello di Chernobyl, hanno messo in luce i rischi associati a queste fonti energetiche e anche ad una crescente diffidenza, spingendo la società a riflettere sul costo reale del progresso tecnologico e industriale.

Negli ultimi decenni, la crescente consapevolezza dei limiti delle risorse fossili e l'urgenza di combattere il cambiamento climatico hanno accelerato l'avvio di una nuova fase nella trasformazione energetica: la transizione verso fonti di energia rinnovabile. Le risorse energetiche rinnovabili, come l'energia solare, eolica, idroelettrica e la biomassa, sono diventate sempre più importanti, spinte dai rapidi progressi tecnologici e da politiche governative mirate a ridurre le emissioni di CO₂ e a promuovere un modello energetico sostenibile.

L'energia solare ed eolica, in particolare, ha registrato una crescita esponenziale negli ultimi anni. Grazie all'abbattimento dei costi di produzione di pannelli solari e turbine eoliche, queste tecnologie sono diventate sempre più competitive rispetto ai tradizionali combustibili fossili. Inoltre, le reti elettriche stanno evolvendo, diventando più intelligenti e interconnesse, il che consente una gestione dell'energia rinnovabile più efficiente e flessibile, facilitando l'integrazione di queste fonti nel mix energetico globale.

Nonostante i progressi significativi, la transizione energetica verso un sistema dominato dalle energie rinnovabili presenta diversi ostacoli. Una delle principali difficoltà riguarda la variabilità delle fonti rinnovabili, come l'energia solare e quella eolica, che dipendono dalle condizioni atmosferiche e dal ciclo giorno-notte. Per affrontare queste sfide, sono

necessarie soluzioni innovative nell'accumulo e nella distribuzione dell'energia. Lo sviluppo di batterie a lunga durata, l'impiego dell'idrogeno come vettore energetico e la creazione di reti elettriche interconnesse su scala globale rappresentano alcune delle risposte possibili.

Inoltre, la transizione richiede anche una trasformazione delle infrastrutture esistenti e un investimento significativo in ricerca e sviluppo per migliorare l'efficienza e la sostenibilità delle tecnologie rinnovabili. Questo percorso, seppur complesso, è essenziale per garantire un futuro energetico sostenibile e per mitigare gli effetti del cambiamento climatico, assicurando al contempo la sicurezza energetica e la crescita economica globale.

2. Perché controllare i consumi?

Controllare i consumi è una pratica di fondamentale importanza che influisce su vari aspetti della nostra vita quotidiana e ha un impatto significativo sulla sostenibilità ambientale, sull'efficienza economica e sul benessere generale della società. Questo concetto non si limita alla semplice riduzione degli sprechi, ma abbraccia un ampio spettro di benefici e implicazioni. Esaminando più nel dettaglio perché è così cruciale, è possibile comprendere meglio come e perché adottare pratiche di consumo responsabile.

Il consumo di energia è una delle principali fonti di emissioni di gas serra, particolarmente quando l'energia proviene da fonti non rinnovabili come il carbone, il petrolio e il gas naturale. Questi combustibili fossili, quando vengono bruciati per produrre energia, rilasciano grandi quantità di diossido di carbonio (CO₂) e altri gas serra nell'atmosfera. Questi gas contribuiscono all'effetto serra, che porta al riscaldamento globale e ai cambiamenti climatici.

Monitorare e ridurre i consumi energetici significa utilizzare fonti di energia più pulite e rinnovabili, come l'energia solare, eolica e idroelettrica. Ad esempio, l'installazione di pannelli solari sui tetti delle case non solo riduce la dipendenza dai combustibili fossili, ma abbassa anche le emissioni di CO₂. Inoltre, pratiche come l'isolamento degli edifici e l'uso di elettrodomestici a basso consumo energetico possono ridurre notevolmente la quantità di energia necessaria per mantenere il comfort abitativo.

Le risorse naturali come l'acqua, i minerali e i combustibili fossili sono limitate e devono essere gestite con attenzione. L'uso eccessivo e non controllato di queste risorse può portare al loro esaurimento rapido e all'inevitabile degrado ambientale. Ad esempio, l'estrazione intensiva di acqua per l'agricoltura e l'industria può portare alla riduzione dei livelli delle falde acquifere e alla scarsità d'acqua. Quindi, controllare i consumi aiuta a conservare queste risorse per le generazioni future. Tecniche come il riciclo dell'acqua, la raccolta e l'uso di acque piovane e la riduzione dell'uso di materiali non riciclabili sono modi efficaci per conservare le risorse naturali. Inoltre, promuovere pratiche agricole sostenibili e ridurre l'uso di fertilizzanti chimici può contribuire a preservare la qualità del suolo e l'approvvigionamento di acqua.

Un consumo consapevole e responsabile contribuisce significativamente alla riduzione della produzione di rifiuti. Quando le persone e le imprese adottano pratiche come il riutilizzo e il riciclo, si riduce la necessità di smaltire grandi quantità di rifiuti, il che allevia la pressione sui sistemi di gestione dei rifiuti e sulle discariche. Inoltre, l'adozione di modelli di economia circolare, dove i materiali vengono continuamente riutilizzati e riciclati, può contribuire a creare un sistema più sostenibile e meno dipendente dall'estrazione di nuove risorse. Questo approccio non solo riduce i rifiuti, ma può anche portare a nuove opportunità economiche e migliorare la qualità ambientale.

Monitorare e controllare i consumi aiuta a identificare aree di inefficienza e spreco, permettendo di ridurre i costi operativi sia per le famiglie che per le imprese. Per esempio, un'azienda che analizza i propri consumi energetici e implementa tecnologie di efficienza, come l'illuminazione a LED e i sistemi di riscaldamento e raffreddamento ad alta efficienza, può vedere una significativa riduzione delle bollette energetiche. Per le famiglie, piccole modifiche come l'uso di elettrodomestici a basso consumo, l'adozione di abitudini di consumo responsabili e la manutenzione regolare degli impianti possono portare a risparmi notevoli. Inoltre, monitorare i consumi d'acqua e implementare tecniche di risparmio idrico può ridurre le spese legate alle bollette dell'acqua.

Le aziende che adottano pratiche di consumo responsabile e investono in tecnologie efficienti spesso ottengono un vantaggio competitivo. Oltre ai risparmi sui costi, queste pratiche possono migliorare la reputazione dell'azienda e attrarre clienti più consapevoli dell'ambiente. Inoltre, le imprese che sono pionieri nell'efficienza energetica e nella

sostenibilità possono differenziarsi nel mercato e ottenere un riconoscimento positivo dai consumatori e dagli investitori.

Le imprese più efficienti possono anche investire ulteriormente in innovazioni e nuove tecnologie. Per esempio, aziende che sviluppano e adottano tecnologie energetiche all'avanguardia non solo riducono i loro costi operativi, ma si posizionano anche come leader nel settore delle tecnologie sostenibili, creando nuove opportunità di crescita e sviluppo.

L'efficienza energetica ha un impatto positivo anche sulla qualità dell'aria. Quando le energie rinnovabili e le tecnologie efficienti sostituiscono le fonti di energia inquinanti, si riducono le emissioni di inquinanti atmosferici come il particolato e gli ossidi di azoto. Ambienti ben progettati e ben gestiti, come edifici con sistemi di ventilazione e filtraggio dell'aria efficienti, contribuiscono a migliorare la qualità dell'aria interna, riducendo il rischio di malattie respiratorie e cardiovascolari. Inoltre, l'adozione di pratiche di mobilità sostenibile, come l'uso di veicoli elettrici e la promozione del trasporto pubblico, può contribuire a ridurre l'inquinamento atmosferico urbano e migliorare la qualità dell'aria nelle città.

Le pratiche di consumo responsabile e le tecnologie efficienti possono anche migliorare il comfort abitativo. Sistemi di riscaldamento e raffreddamento più efficienti garantiscono una temperatura interna più stabile e confortevole. L'illuminazione a LED non solo riduce il consumo energetico, ma offre anche una luce di qualità superiore che può migliorare l'ambiente domestico. Per esempio, tecnologie come i termostati intelligenti e i sistemi di controllo remoto possono aumentare la sicurezza e il comfort degli edifici, permettendo una gestione più precisa della temperatura e dell'illuminazione. Questo non solo migliora il benessere delle persone che vivono e lavorano in questi ambienti, ma può anche ridurre i rischi associati a problemi di sicurezza legati all'uso inefficiente delle risorse.

Ottimizzare i consumi e investire in fonti di energia rinnovabili è cruciale per ridurre la dipendenza dai combustibili fossili importati. Questa riduzione della dipendenza aumenta la sicurezza energetica e la stabilità economica di un paese. La diversificazione delle fonti di energia, inclusa l'energia solare, eolica e idroelettrica, contribuisce a creare un sistema energetico più resiliente e meno vulnerabile alle fluttuazioni dei prezzi globali e agli eventi geopolitici. Ad esempio, i paesi che investono nelle energie rinnovabili e

sviluppano infrastrutture per l'energia verde possono ridurre la loro esposizione ai rischi legati alla volatilità dei mercati energetici internazionali, migliorando così la loro sicurezza energetica a lungo termine.

L'efficienza energetica e una gestione attenta delle risorse supportano un approccio sostenibile a lungo termine. Questo significa garantire che le risorse naturali non vengano esaurite e che l'ambiente rimanga abitabile e produttivo per le generazioni future. Adottare pratiche sostenibili oggi contribuisce a preservare le risorse per le future generazioni e a mantenere l'equilibrio ecologico del nostro pianeta.

Investire in infrastrutture e tecnologie che promuovono la sostenibilità e riducono i consumi contribuisce a creare una base solida per uno sviluppo economico e sociale duraturo. Questo approccio non solo migliora la qualità della vita attuale, ma garantisce anche un ambiente sano e prospero per le generazioni future.

La consapevolezza riguardo ai consumi e all'impatto ambientale stimola comportamenti più sostenibili e responsabili. Educare il pubblico sui benefici del controllo dei consumi e sull'importanza di adottare pratiche sostenibili è essenziale per promuovere un cambiamento culturale verso una maggiore responsabilità ambientale. Campagne di sensibilizzazione, programmi educativi e iniziative comunitarie possono aiutare a diffondere queste informazioni e a incoraggiare comportamenti più responsabili. La consapevolezza ambientale può portare a una maggiore partecipazione civica e a un maggiore impegno nelle politiche ambientali. I cittadini più informati e coinvolti sono più propensi a sostenere e adottare pratiche sostenibili e a partecipare a iniziative che promuovono la sostenibilità.

La necessità di migliorare l'efficienza e ridurre i consumi spinge l'innovazione tecnologica. Le aziende e i governi che investono nella ricerca e nello sviluppo di nuove tecnologie possono beneficiare di soluzioni più efficaci e sostenibili. Ad esempio, la ricerca nel campo delle energie rinnovabili ha portato a sviluppi significativi nella tecnologia solare e eolica, rendendole più accessibili e economiche.

Investire in innovazioni tecnologiche non solo contribuisce a migliorare l'efficienza e a ridurre i consumi, ma può anche stimolare la crescita economica e la creazione di nuovi posti di lavoro. Le aziende che sono all'avanguardia nella tecnologia verde possono trarre

vantaggio da un mercato in crescita e posizionarsi come leader nel settore della sostenibilità.

In sintesi, controllare i consumi è essenziale per garantire una gestione sostenibile delle risorse naturali, ottimizzare i costi, migliorare il benessere generale e promuovere un futuro più equo e prospero. Attraverso un monitoraggio attento e l'adozione di pratiche responsabili, possiamo costruire un mondo più sostenibile e resiliente per tutti.

2.1. La situazione energetica e i consumi in Italia

Nel 2023 l'Istituto nazionale di statistica (ISTAT) ha svolto una ricerca sulle dotazioni energetiche e sui consumi di energia delle famiglie, cioè sugli impianti e apparecchiature che consumano energia nelle abitazioni e sulle modalità con cui vengono utilizzate nella vita quotidiana.

Questo tipo di ricerca consente di disegnare un quadro dei consumi energetici domestici e allo stesso tempo monitorare la transizione energetica del Paese. Questa ricerca permette alle autorità di poter fare degli interventi volti a migliorare le condizioni energetiche e rispettare gli accordi internazionali per limitare il cambiamento climatico. I temi che sono stati ricercati sono: le caratteristiche delle abitazioni, le dotazioni per il riscaldamento della casa e dell'acqua e per il condizionamento (tipologia, fonte di alimentazione e modalità di utilizzo da parte delle famiglie ecc.), la presenza di elettrodomestici, il consumo di fonti energetiche (energia elettrica, metano, gasolio, Gpl, biomasse) e le relative spese sostenute.¹

Gli intervistati sono stati selezionati in modo casuale dagli archivi del Censimento permanente della popolazione e delle abitazioni del 2022. Le famiglie estratte sono distribuite sul territorio nazionale e hanno ricevuto un modulo con le indicazioni per svolgere l'intervista. La tecnica di somministrazione del questionario è mista: è stato scelto il **metodo CAWI** (computer-assisted web interviewing) che permette di fare indagini su popolazioni ampie e generiche, è molto economico e si basa sull'invio di una mail alle persone selezionate, le quali dovranno aprire il link e compilare il questionario; è stato scelto anche il **metodo CATI** (Computer Assisted Telephone Interview) dove viene utilizzato un software che è in grado di seguire l'utente passo per passo. I vantaggi

¹ <https://www.istat.it/informazioni-sulla-rilevazione/consumi-energetici/>

di questo metodo sono molteplici: riduzione dei tempi e degli errori di trascrizione, alta qualità dei dati ricevuti e controllo in tempo reale dell'andamento delle interviste.²

Le famiglie italiane utilizzano una vasta gamma di dispositivi che consumano energia per scopi domestici. Nel 2021, il 98,6% delle abitazioni principali era dotato di sistemi di riscaldamento, il 99,6% di impianti per la produzione di acqua calda, mentre il 48,8% disponeva di un sistema di condizionamento. Frigoriferi e lavatrici erano quasi universalmente presenti, con il 99,5% e il 97,3% delle famiglie dotate di questi elettrodomestici, rispettivamente. Circa la metà delle famiglie (50,2%) possedeva una lavastoviglie, il 15,2% un'asciugatrice separata e il 27,3% un congelatore esterno. Le lampadine a risparmio energetico erano utilizzate esclusivamente dal 54,8% delle famiglie. Inoltre, il 61,1% delle abitazioni era dotato di doppi o tripli vetri, utili per migliorare l'isolamento termico.

Nel 2020, la spesa complessiva delle famiglie italiane per i consumi energetici delle abitazioni principali è stata di 36 miliardi di euro, con una media annua per famiglia di 1.411 euro, corrispondenti a circa 118 euro al mese. Le famiglie residenti nel Nord Italia hanno sostenuto spese energetiche più elevate (1.555 euro nel Nord-Est e 1.533 euro nel Nord-Ovest), mentre nel Centro la media era di 1.385 euro. Le spese più contenute sono state rilevate nel Sud e nelle Isole, rispettivamente con 1.257 e 1.145 euro annui. Le spese energetiche comprendono i costi per il riscaldamento, la produzione di acqua calda, il raffrescamento, la cottura dei cibi e l'uso degli elettrodomestici. Anche l'utilizzo di attrezzature motorizzate per il giardinaggio e le soluzioni innovative per la mobilità, come la ricarica domestica di veicoli elettrici, fanno parte dei consumi energetici domestici. Nel 2020, il 41,8% delle famiglie ha riportato un aumento delle spese energetiche rispetto all'anno precedente, probabilmente dovuto alla maggiore permanenza in casa e all'adozione dello smart working durante i periodi di lockdown.

Nel grafico di seguito viene mostrata la spesa media per consumi energetici delle famiglie per regione nel 2013:

² <https://www.idsurvey.com/it/vantaggi-e-difetti-delle-metodologie-di-raccolta-dati-via-telefono-via-web-e-field-capi-cati-cawi/>

SPESA MEDIA ANNUA PER CONSUMI ENERGETICI DELLE FAMIGLIE PER REGIONE (€)

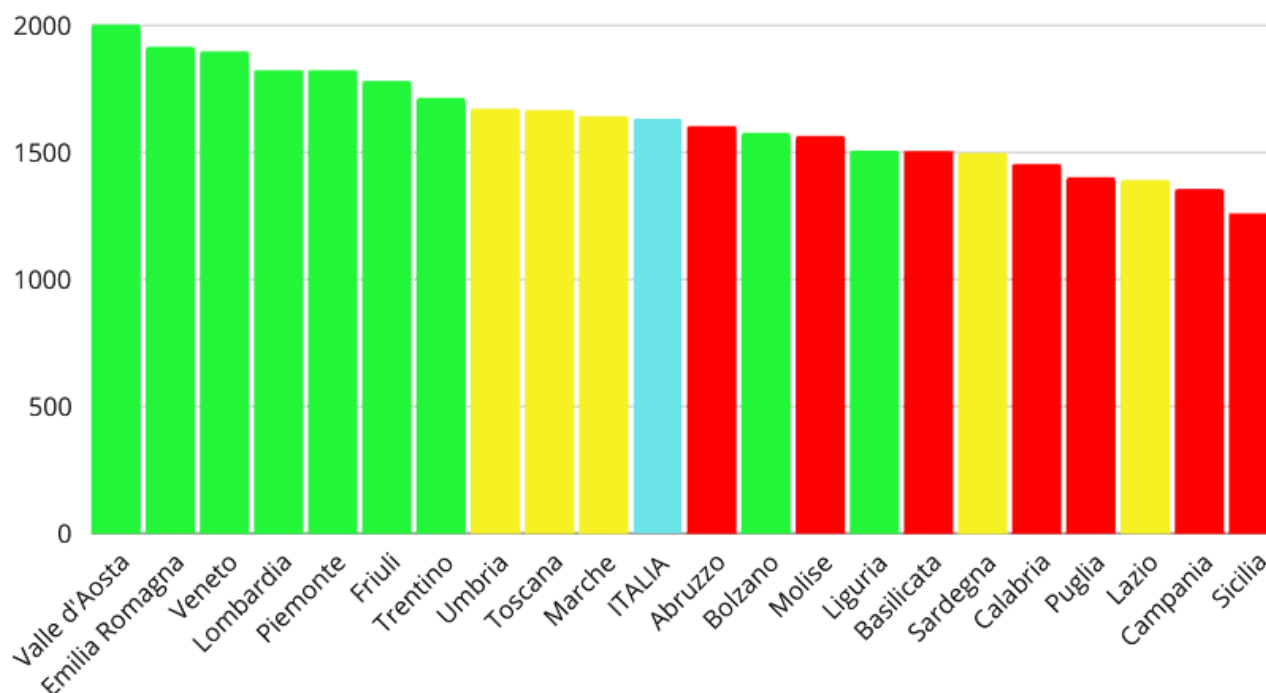


Tabella 1 In verde le regioni del Nord, in giallo quelle del Centro e in rosso quelle del Sud. In azzurro la media

Il dato medio italiano nel 2013 era di 1635 euro³, superiore ai 1.411 euro del 2020, non si hanno dati recenti, ma vista la situazione geopolitica attuale la spesa media è sicuramente aumentata sensibilmente.

Le principali fonti energetiche domestiche che incidono maggiormente sulla spesa sono il gas naturale (metano) e l'energia elettrica, che insieme rappresentano l'83,8% del totale. Il metano ha generato una spesa di 15.636 milioni di euro, pari al 43,4% del totale, mentre l'elettricità ha comportato una spesa di 14.511 milioni di euro, pari al 40,3%. Altre fonti includono il Gpl (1.808 milioni di euro, pari al 5%), legna da ardere e pellet (2.511 milioni di euro, ovvero il 7%) e il gasolio (811 milioni di euro, pari al 2,3%). Nel Nord, la spesa maggiore riguarda il metano, che rappresenta il 50,3% della spesa energetica complessiva, mentre nel Mezzogiorno è più elevata la quota di spesa per l'energia elettrica (49,5%), insieme a un uso maggiore di Gpl e biomasse.

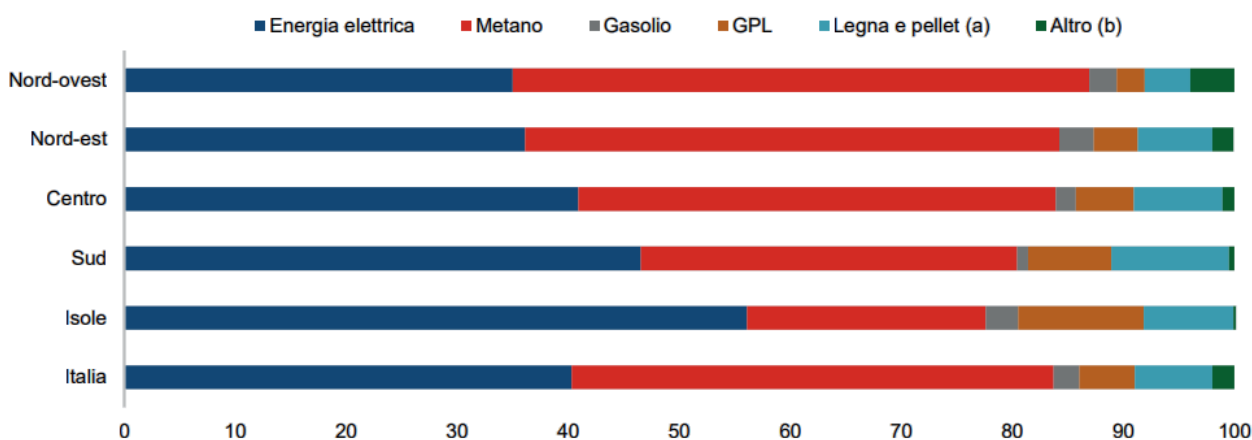
Nel 2020, il consumo di legna da ardere per riscaldamento in camini e stufe, produzione di acqua calda e cottura dei cibi ha raggiunto i 16 milioni di tonnellate, in calo rispetto ai 17,7 milioni del 2013, coinvolgendo il 17% delle famiglie italiane. Sebbene la percentuale

³ https://www.istat.it/wp-content/uploads/2014/12/StatReport_Consumi_energetici.pdf

di famiglie che utilizzano la legna sia diminuita dal 21,4% del 2013, il consumo medio per famiglia è aumentato, passando da 3,2 a 3,7 tonnellate all'anno.

L'uso del pellet di legna, grazie alla crescente diffusione di stufe e camini moderni collegati a impianti di riscaldamento, ha registrato un aumento. Nel 2020, il 7,3% delle famiglie ha utilizzato il pellet, con un consumo complessivo superiore a 2,7 milioni di tonnellate e una media di 1,5 tonnellate per famiglia. Rispetto al 2013, quando il 4,1% delle famiglie utilizzava pellet per un totale di 1,5 milioni di tonnellate, c'è stato un incremento dell'80% sia nel numero di famiglie che nel volume consumato.

Nel 2021, il 75,4% delle famiglie ha dichiarato di aver fatto investimenti per il risparmio energetico nei cinque anni precedenti. In particolare, il 70,7% ha realizzato interventi per ridurre la spesa dell'energia elettrica: il 67% ha sostituito le lampadine tradizionali con quelle a risparmio energetico e il 22,4% ha cambiato elettrodomestici obsoleti con modelli più efficienti. Inoltre, il 26% delle famiglie ha investito per ridurre i costi del riscaldamento: il 15,6% ha adottato impianti più efficienti e il 10% ha migliorato l'isolamento delle abitazioni.⁴



2.2. La produzione energetica in Italia ed Europa

Nell'Unione Europea le energie rinnovabili costituiscono la principale fonte di produzione energetica, superando i combustibili fossili e l'energia nucleare. Tuttavia, la proporzione di energia rinnovabile e altre fonti utilizzate per generare elettricità varia

⁴ <https://www.istat.it/storage/ASI/2023/capitoli/C02.pdf>

notevolmente tra i diversi Stati membri dell'UE. L'invasione dell'Ucraina da parte della Russia ha avuto un impatto marcato sui prezzi dei combustibili fossili nell'UE, in particolare del gas naturale. Ciò ha portato a un aumento significativo delle bollette energetiche per i cittadini europei. Questo effetto è dovuto al fatto che il costo dell'energia elettrica nell'UE è strettamente legato al prezzo del gas naturale utilizzato per la generazione di energia. In risposta a queste dinamiche, l'UE sta lavorando su una riforma del mercato elettrico europeo per mitigare eventuali futuri shock dei prezzi e garantire maggiore stabilità economica per cittadini e imprese. Nel 2022 in Europa sono stati prodotti 2 641 TWh (terawatt/ora) di energia elettrica e quasi il 40% derivanti da fonti rinnovabili, il 38,6% da combustibili fossili e oltre il 20% dall'energia nucleare. Il gas è stato il principale combustibile fossile utilizzato per produrre energia elettrica (19,6%), seguito dal carbone (15,8%).⁵

Produzione netta di energia elettrica dell'UE per tipo di combustibile (2022)



⁵ <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/how-is-eu-electricity-produced-and-sold/#:~:text=Nel%202022%20il%2039%2C4,carbone%3A%2015%2C8%25>

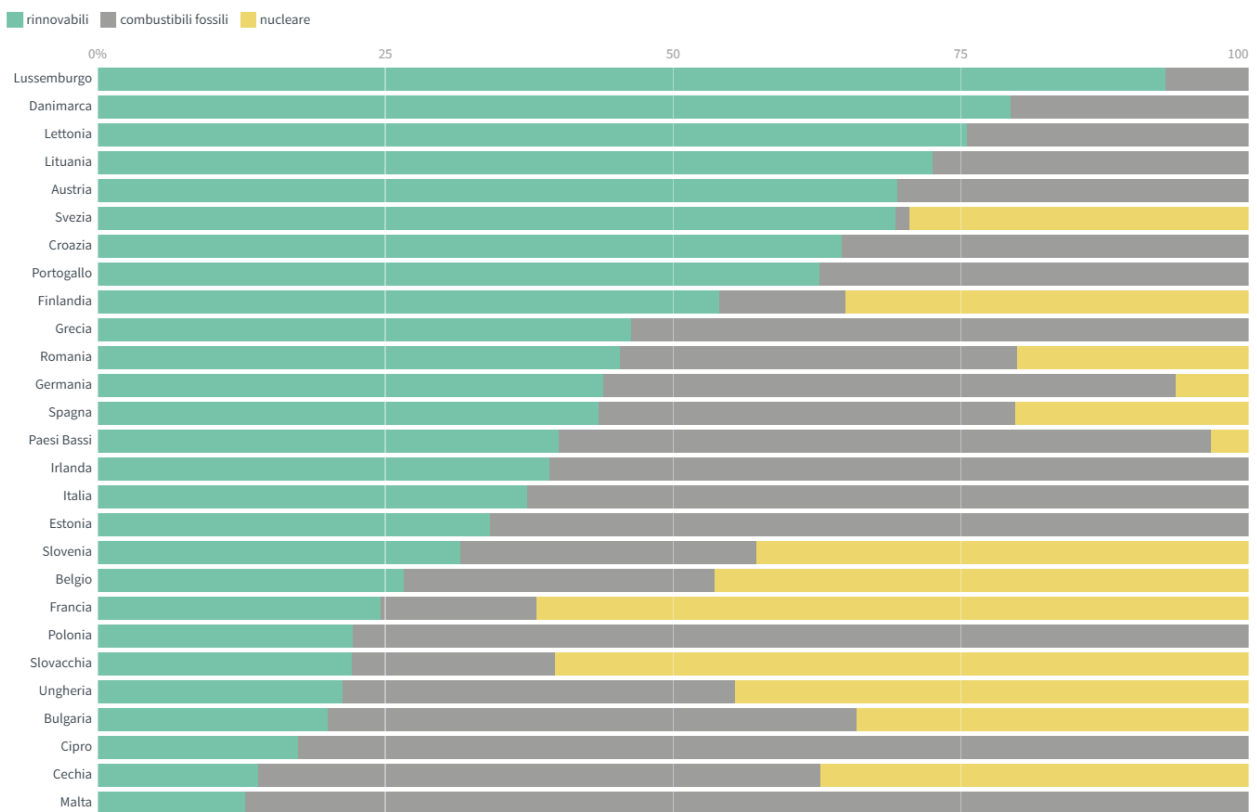
Il grafico radiale rappresenta la ripartizione delle fonti energetiche utilizzate per la produzione di energia elettrica nell'Unione Europea nel 2022, evidenziando la crescente transizione verso un mix più sostenibile. Durante l'anno, il 39,4% dell'energia elettrica è stato generato da fonti rinnovabili, il 38,7% da combustibili fossili e il 21,9% dall'energia nucleare.

La produzione basata su combustibili fossili si è distribuita tra diverse risorse:

- **Gas naturale:** rappresenta il 19,6% del totale, fungendo da principale contributo in questa categoria.
- **Carbone:** copre il 15,8%, un valore che riflette una dipendenza ancora significativa, soprattutto in alcune aree dell'UE.
- **Petrolio:** con solo l'1,6%, è una delle fonti meno rilevanti nel panorama energetico europeo.
- **Altre fonti fossili:** contribuiscono per l'1,7%.

Dettaglio delle energie rinnovabili: le energie rinnovabili stanno assumendo un ruolo sempre più importante nel mix energetico:

- **Eolico:** con il 15,9%, è la fonte rinnovabile più utilizzata, in linea con l'espansione dei parchi eolici sia terrestri che offshore.
- **Idroelettrico:** fornisce l'11,3%, rimanendo una colonna portante per molte nazioni, grazie alla vasta infrastruttura di dighe.
- **Solare:** al 7,6%, riflette una crescita rapida grazie al calo dei costi di installazione e agli incentivi.
- **Biomassa:** copre il 4,4%, grazie all'uso sostenibile di materiali organici.
- **Geotermico:** con lo 0,2%, è ancora una fonte di nicchia, ma in espansione in Paesi con particolari condizioni geologiche.



Negli ultimi decenni, l'UE ha compiuto notevoli progressi nella transizione verso l'energia pulita. La quota di energie rinnovabili nella produzione di elettricità è più che raddoppiata rispetto al 2004, segnalando un cambiamento strutturale nelle politiche energetiche. Questo incremento è in linea con l'obiettivo dell'UE di raggiungere la neutralità climatica entro il 2050, un impegno che richiede la continua riduzione delle emissioni di gas serra e l'espansione delle tecnologie verdi. L'attenzione a un futuro più sostenibile è stata rafforzata dall'adozione di normative più stringenti e da ingenti investimenti in infrastrutture per le energie rinnovabili, come parchi eolici offshore, impianti solari di grandi dimensioni e sistemi avanzati di stoccaggio dell'energia. Inoltre, l'UE sta sostenendo la decarbonizzazione del settore energetico attraverso programmi di finanziamento, incentivando l'innovazione tecnologica e promuovendo la cooperazione tra Stati membri.

Con l'obiettivo di garantire una rete elettrica sempre più verde, l'UE mira ad ampliare la capacità delle fonti rinnovabili e a ridurre ulteriormente la dipendenza dai combustibili fossili. Le strategie comprendono:

- Lo sviluppo di reti elettriche intelligenti per gestire al meglio la variabilità delle fonti rinnovabili.
- L'integrazione di soluzioni di stoccaggio dell'energia per stabilizzare la fornitura.
- La promozione di nuove tecnologie come l'idrogeno verde, che potrebbe rivoluzionare il settore energetico nei prossimi decenni.

Questi cambiamenti strutturali segnano una chiara direzione verso un'energia elettrica sostenibile e resiliente, capace di rispondere sia alle esigenze climatiche sia a quelle economiche e sociali degli Stati membri.⁶ Il mix energetico tra i diversi Stati membri dell'Unione Europea presenta notevoli variazioni, con la quota di energia elettrica proveniente da fonti rinnovabili che spazia da oltre il 90% a meno del 15%. Queste differenze sono il risultato di una combinazione di fattori geografici, economici e politici che influenzano in modo significativo le scelte energetiche nazionali.

Gli Stati con abbondanti risorse naturali, come grandi fiumi o venti costanti, tendono a privilegiare specifiche fonti di energia rinnovabile. Ad esempio:

- I paesi nordici, come Norvegia e Svezia, sfruttano ampiamente l'energia idroelettrica grazie alla presenza di numerosi fiumi e laghi, raggiungendo una quota di energia rinnovabile superiore al 90%.
- Paesi come la Spagna e la Grecia, caratterizzati da una forte esposizione solare e venti costanti, si concentrano maggiormente sull'energia solare ed eolica.
- In contrasto, nazioni come la Polonia e la Germania, ricche di giacimenti di carbone, hanno storicamente fatto affidamento su questa fonte per alimentare la loro produzione energetica.

Le economie più industrializzate, come quella della Germania, devono soddisfare una domanda energetica elevata. Questo spesso porta a un mix diversificato che include fonti fossili, rinnovabili e nucleari, per garantire una fornitura stabile e flessibile. Al contrario, paesi con economie meno energivore possono concentrare gli investimenti su fonti più sostenibili, riducendo la loro dipendenza da combustibili fossili.

⁶ <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/how-is-eu-electricity-produced-and-sold/#0>

Le decisioni politiche giocano un ruolo cruciale nello sviluppo delle infrastrutture energetiche. Alcuni Stati membri, come la Francia, hanno puntato fortemente sull'energia nucleare, che rappresenta oltre il 70% della loro produzione elettrica. Altri, come l'Austria, hanno scelto di escludere il nucleare dal loro mix energetico, concentrandosi invece sulle rinnovabili.

L'impatto delle politiche climatiche dell'UE, come il Green Deal Europeo, sta progressivamente spingendo tutti gli Stati membri verso un aumento delle energie rinnovabili. Anche se va detto che il punto di partenza e la velocità di questa transizione variano notevolmente a seconda delle circostanze locali e delle priorità politiche.

Per **l'Italia** ci sono importanti novità: il recente rapporto di Terna evidenzia un traguardo storico nella produzione di energia elettrica in Italia: nel primo semestre del 2024, le fonti rinnovabili hanno superato del 14% la produzione da combustibili fossili, coprendo il 52,9% del totale nazionale. Questo dato segna la prima volta che le energie rinnovabili si impongono così nettamente sulle fonti tradizionali. Nei primi sei mesi dell'anno, la generazione di energia verde ha raggiunto i 66,5 TWh, rispetto ai 58,3 TWh prodotti da fonti fossili, con un contributo minimo del carbone (appena 1,8 TWh). Gran parte della produzione fossile è stata generata da centrali alimentate a gas.

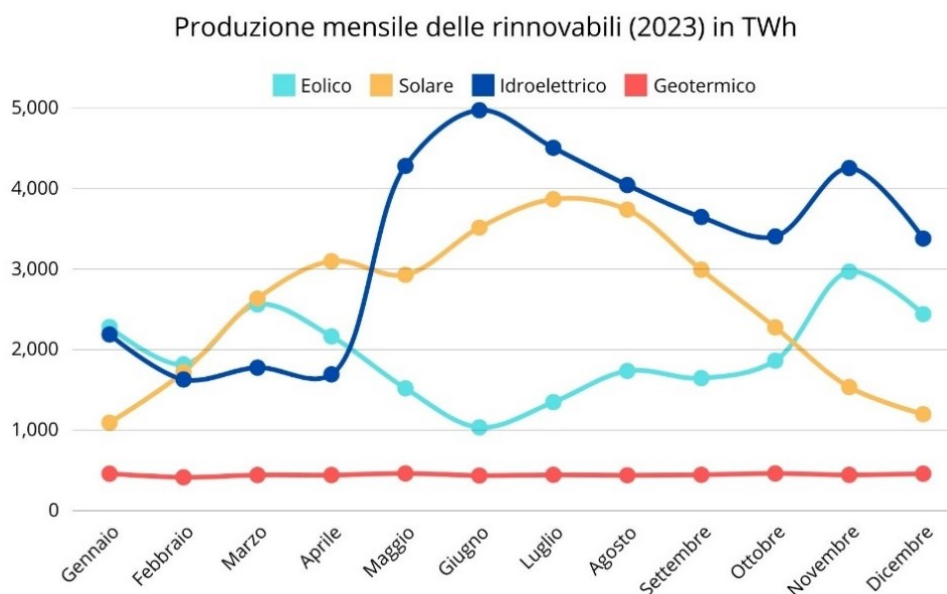
Un'analisi dei dati di consumo mostra un cambiamento progressivo: nei primi sei mesi del 2024, i giorni in cui le rinnovabili hanno coperto oltre il 50% del fabbisogno energetico sono stati 58 su 182, pari a circa un terzo del totale. Questo rappresenta un netto miglioramento rispetto al 2023, quando solo meno di un decimo dei giorni raggiungeva tale soglia. Tra le rinnovabili, l'idroelettrico ha giocato un ruolo fondamentale, generando 25,9 TWh nel semestre, il terzo miglior risultato mai registrato per questa fonte nello stesso periodo, dopo il 2014 e il 2018. Anche il fotovoltaico e l'eolico hanno contribuito in modo significativo al risultato complessivo.

A giugno 2024, le rinnovabili hanno soddisfatto il 52,46% della domanda elettrica nazionale, leggermente meno rispetto a maggio (52,53%). Durante questo mese, la produzione da fonti rinnovabili ha raggiunto un record di 12.35 TWh, con picchi significativi: il 16 giugno, ad esempio, il 70% della domanda è stata coperta esclusivamente da energia verde, e nel corso del mese l'idroelettrico ha soddisfatto quasi un quarto della domanda. Nei mesi di aprile, maggio e giugno 2024, le rinnovabili hanno

costantemente superato il 50% della domanda elettrica mensile, un risultato mai raggiunto nei primi sei mesi di alcun anno dell'ultimo decennio, a eccezione di maggio 2020, quando però la domanda era insolitamente bassa a causa delle restrizioni legate alla pandemia. È importante notare che a luglio 2024, complice l'ondata di caldo estivo e l'aumento dei consumi energetici per il raffreddamento, la percentuale di copertura delle rinnovabili è destinata a calare, evidenziando come i risultati ottenuti siano fortemente influenzati dalle condizioni climatiche e dalla stagionalità.⁷

La produzione da rinnovabili nel periodo fra gennaio e giugno 2024 ha raggiunto il suo massimo storico, con 59,6 TWh, che corrisponde a +27% rispetto ad un anno fa (oltre 14 TWh in più).

Nel grafico di seguito è possibile vedere l'andamento della domanda di energia elettrica e la generazione da fonti rinnovabili nei primi sei mesi, dal 2014 al 2024.



La diversificazione produttiva di energia elettrica da fonti rinnovabili, in Italia si identifica in **eolica, solare, geotermica e idroelettrica**.

La produzione energetica italiana del 2023 è stata di 257,023 TWh, questa cifra è data dalla somma della produzione da combustibili fossili e da fonti rinnovabili.

⁷ [Le rinnovabili superano le fonti fossili nella produzione elettrica del primo semestre | QualEnergia.it](https://www.qualenergia.it)

Fra gennaio 2023 e dicembre 2023 i combustibili fossili hanno generato 157,934 TWh, che corrisponde al 61,45% del totale prodotto. Per quanto riguarda invece le fonti rinnovabili, hanno generato 99,089 TWh di energia, che corrisponde al 38,55% del totale.

Andando nel dettaglio, è possibile visionare mese per mese la produzione di ogni fonte rinnovabile e di conseguenza valutare quali sono i periodi annuali più proficui in termini di produttività e quali meno.

La produzione energetica da fonte **geotermica** è quella che nonostante dei numeri ancora limitati risulta essere la più costante e lineare, senza picchi verso l'alto o il basso. L'energia geotermica è una fonte rinnovabile derivata dal calore contenuto negli strati interni della Terra. Questo calore è il risultato di due fenomeni principali: l'energia residua della formazione del pianeta e i processi di decadimento radioattivo dei materiali presenti nel sottosuolo. La differenza di temperatura tra il nucleo terrestre e la superficie crea un flusso continuo di calore, che si accumula in rocce e fluidi sotterranei.

Per sfruttare questa energia, si scavano pozzi profondi, che possono raggiungere oltre 1,6 chilometri, per accedere alle riserve di calore sotterranee. Una volta raggiunta, questa energia viene utilizzata per riscaldare fluidi che, sotto forma di vapore, azionano turbine collegate a generatori di elettricità, trasformando così il calore naturale della Terra in energia utilizzabile.

L'energia geotermica, essendo una risorsa rinnovabile, offre numerosi vantaggi ambientali. La sua produzione non richiede processi di combustione, come nel caso del carbone, ma si basa esclusivamente sull'utilizzo del calore naturale presente all'interno della Terra. Questo contribuisce a ridurre significativamente l'impatto ambientale rispetto ad altre fonti energetiche tradizionali. Tuttavia, alcune centrali geotermiche possono generare minime emissioni di anidride carbonica (CO₂) e di altri gas presenti nelle riserve sotterranee. Nonostante ciò, l'impatto di queste emissioni è molto limitato: si stima che le centrali geotermiche producano in media circa 122 grammi di CO₂ per ogni kWh generato. Questo valore rappresenta solo un decimo delle emissioni prodotte da fonti fossili come il carbone o il petrolio, rendendo l'energia geotermica una scelta nettamente più sostenibile dal punto di vista delle emissioni di gas serra.

L'Italia non sfrutta appieno il suo potenziale geotermico, nonostante le sue risorse siano significative. Secondo le stime, il potenziale energetico geotermico del Paese varia tra 5.800 e 116.000 terawattora (TWh), a fronte di un fabbisogno elettrico annuo di poco più di 300 TWh. L'energia geotermica ha contribuito per il 5,5% alla produzione complessiva di energia rinnovabile in Italia nell'ultimo anno, un valore che è rimasto stabile, a differenza della generale flessione nella produzione nazionale netta.

Dal punto di vista geografico, la Toscana si conferma il cuore della produzione geotermica italiana. A Larderello, si trova il più grande impianto d'Europa. Oltre alla Toscana, in particolare nelle province di Pisa, Grosseto e Siena, altre regioni come Veneto, Friuli-Venezia Giulia, Sicilia, Campania ed Emilia-Romagna ospitano attività legate a questa forma di energia.⁸

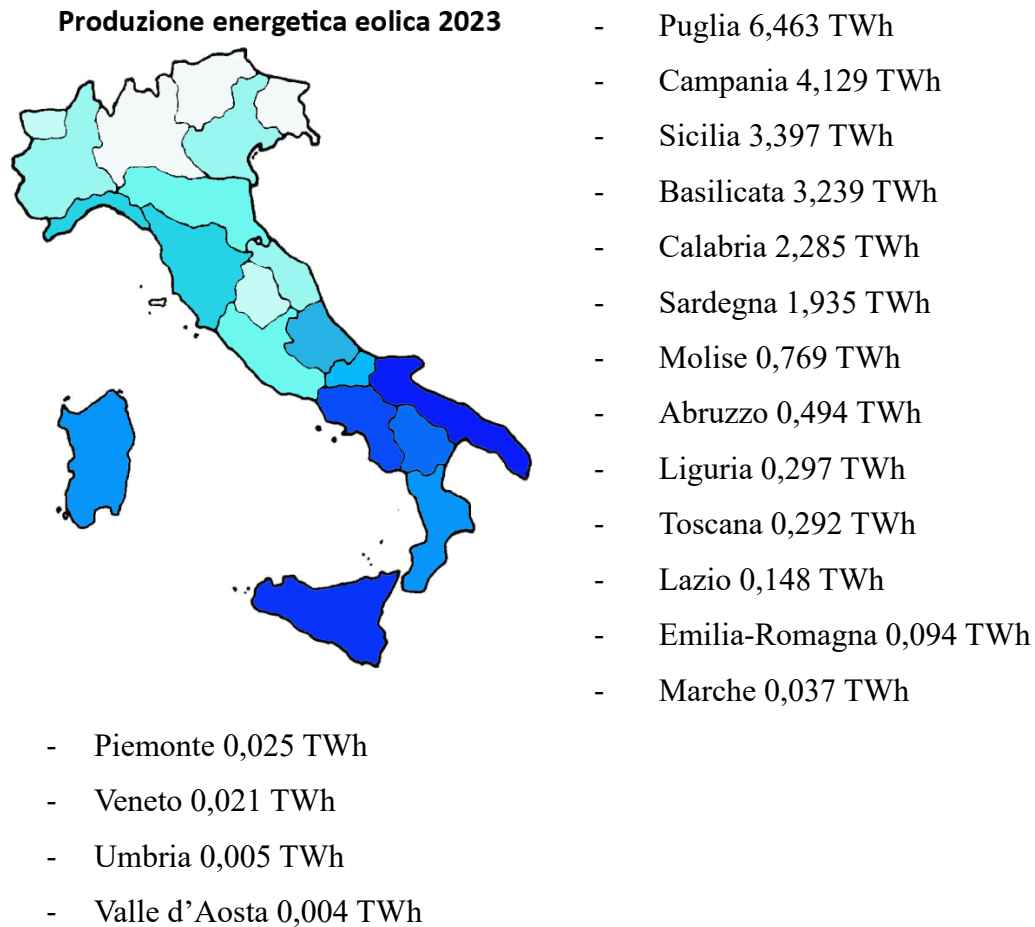
Nonostante le potenzialità e l'ampia distribuzione geografica, l'Italia deve ancora compiere passi significativi per valorizzare appieno le sue risorse geotermiche e contribuire maggiormente alla transizione energetica.

Nel 2023, l'energia **eolica** in Italia ha raggiunto un nuovo record di produzione, generando 23,37 TWh di elettricità. Questa quantità ha soddisfatto il 7,6% della domanda elettrica nazionale e rappresentato il 9,1% della produzione complessiva del Paese. Tra le fonti rinnovabili, l'energia eolica si posiziona al terzo posto per capacità di generazione, coprendo il 24% del totale della produzione da fonti rinnovabili.⁹

⁸ <https://www.sanpellegrino-corporate.it/it/impegno-per-ambiente/energia-geotermica-cos-e#:~:text=Anche%20se%20l'efficienza%20dell,continuamente%20in%20grado%20di%20produrla>

⁹ <https://www.qualenergia.it/articoli/numeri-eolico-italia-2023-record-produzione-448-mw-installati/#:~:text=Nel%202023%20l'eolico%20sul,1%25%20della%20produzione%20nazionale>

Tuttavia, il ritmo di installazione di nuova capacità eolica non è sufficiente per raggiungere gli obiettivi prefissati per il 2030. Nel 2023, la nuova potenza installata si è attestata intorno ai 488 MW, un dato leggermente inferiore rispetto al 2022, con una diminuzione del 7%.¹⁰ Alcuni regioni italiane, più di altre, ospitano diversi impianti eolici, i luoghi vengono selezionati in base alle rilevazioni di dati in riferimento alla potenza e costanza del vento, ma anche la conformazione del territorio.



Alla fine del 2023, in Italia erano in funzione 1.597.447 **impianti fotovoltaici**. La maggior parte di questi sistemi (1.568.230, pari al 98,2% del totale) è connessa alla rete di bassa tensione, contribuendo al 43,2% della potenza complessiva installata. La rete di media tensione ospita 29.055 impianti, che rappresentano circa il 49% della potenza totale. Un numero molto ridotto di impianti, connesso alla rete di alta tensione, contribuisce con circa 2.357 MW, corrispondenti al 7,8% della potenza totale disponibile. La dimensione media di un impianto fotovoltaico è di 19 kW. Gli impianti di potenza pari

¹⁰ <https://dati.terna.it/generazione/dati-statistici#produzione/energia-elettrica-fonte>

o inferiore a 20 kW costituiscono ben il 94% del totale in termini numerici, ma rappresentano solo il 29% della potenza complessiva. È interessante notare il ruolo significativo degli impianti con una potenza compresa tra 200 kW e 1 MW: sebbene rappresentino solo l'1% del numero totale di impianti, forniscono quasi un terzo della potenza installata. Gli impianti di dimensioni superiori a 1 MW, invece, rappresentano circa il 22% della capacità totale installata.

Durante il 2023, la maggior parte dei nuovi impianti messi in funzione era di piccole dimensioni, con una potenza inferiore ai 20 kW. Nonostante rappresentino la quasi totalità degli impianti attivati, contribuiscono al 43% della nuova potenza installata. Questo dato evidenzia un'evoluzione della rete verso una maggiore diffusione capillare di piccoli impianti, rispecchiando la crescente adozione di soluzioni fotovoltaiche domestiche e per piccole imprese, seppur ancora affiancata dalla rilevanza dei grandi impianti nel mix energetico nazionale.¹¹

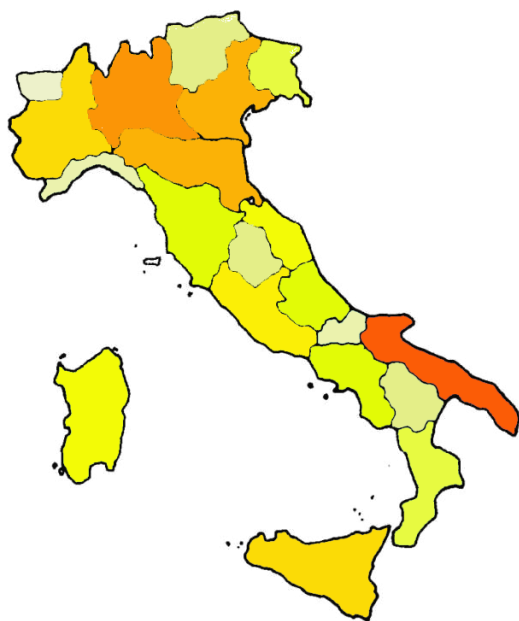
Riguardo alle aree produttive, nel 2023 la Puglia si conferma come la regione con la più alta produzione di energia fotovoltaica, generando 4.193 GWh, pari al 13,7% dei 30.711 GWh totali prodotti a livello nazionale. A seguire, la Lombardia con 3.511 GWh (11,4%) e l'Emilia-Romagna con 2.964 GWh (9,7%). Le variazioni di produzione rispetto al 2022 riflettono sia le condizioni climatiche dell'anno sia il progressivo funzionamento a pieno regime degli impianti installati nel 2022, oltre all'entrata in funzione parziale di quelli completati nel 2023. Tra le regioni con il maggiore aumento percentuale spiccano la Liguria (+18,9%) e la Lombardia (+17,7%), mentre in regioni come il Molise e la Puglia gli incrementi sono stati più contenuti.¹²

¹¹ <https://www.qualenergia.it/articoli/produzione-installato-tipi-impianto-tutti-numeri-2023-fotovoltaico-italia/>

¹²

https://www.gse.it/documenti_site/Documenti%20GSE/Rapporti%20statistici/Solare%20Fotovoltaico%20-%20Rapporto%20Statistico%202023.pdf

Produzione energetica solare 2023



- Puglia 4,193 TWh
- Lombardia 3,510 TWh
- Emilia-Romagna 2,964 TWh
- Veneto 2,886 TWh
- Piemonte 2,392 TWh
- Sicilia 2,381 TWh
- Lazio 2,205 TWh
- Sardegna 1,520 TWh
- Marche 1,484 TWh
- Toscana 1,183 TWh
- Campania 1,157 TWh
- Abruzzo 1,055 TWh
- Calabria 0,785 TWh
- Friuli-Venezia Giulia 0,737 TWh
- Umbria 0,635 TWh
- Trentino-Alto Adige 0,611 TWh
- Basilicata 0,512 TWh
- Molise 0,232 TWh
- Liguria 0,166 TWh
- Valle d'Aosta 0,034 TWh

L'energia **idroelettrica** risulta essere quella più efficace e con maggiore resa nel nostro Paese. L'Italia si colloca in quinta posizione dopo Norvegia, Francia, Turchia e Svezia per TWh prodotti nel 2023 in Europa.

Secondo i dati forniti da Terna, l'Italia possiede attualmente 4.860 impianti idroelettrici, concentrati prevalentemente nelle aree alpine. Questo numero è in continua crescita: nel 2022 gli impianti erano 4.702, mentre nel 2024 sono aumentati di 158 unità. Questo rappresenta un incremento significativo rispetto al 2009, quando gli impianti idroelettrici erano solo 2.249, quasi la metà del numero attuale.

Il Piemonte guida la classifica regionale con 1.092 impianti, seguito dal Trentino-Alto Adige (891), dalla Lombardia (749) e dal Veneto (408). Nel Sud e nelle Isole, invece, la diffusione di questa fonte rinnovabile è più contenuta. La Puglia dispone di appena 10

centrali, la Sardegna di 18, mentre la Basilicata ne conta 21. La potenza installata complessiva raggiunge circa 21.729 MW, ma la sua distribuzione non è uniforme tra le regioni. L'Abruzzo, pur avendo solo 78 centrali, registra una capacità installata di 1.267 MW, dimostrando l'efficienza di alcuni impianti. Il Piemonte, con il maggior numero di impianti, ha una potenza complessiva di 3.103 MW, mentre le regioni più performanti in termini di capacità installata sono la Lombardia, con 5.694 MW, e il Trentino-Alto Adige, con 3.804 MW. Questi dati evidenziano una forte concentrazione della capacità produttiva nelle regioni settentrionali, dove le caratteristiche geografiche favoriscono lo sfruttamento dell'energia idroelettrica.

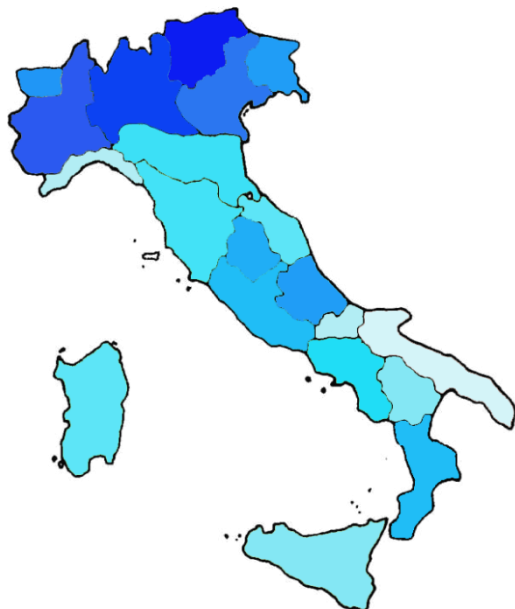
Questo costante aumento nel numero di impianti riflette un impegno crescente verso la sostenibilità e la valorizzazione delle risorse naturali, benché permangano disparità significative nella distribuzione territoriale e nelle capacità produttive.

L'energia idroelettrica sta diventando sempre più riconosciuta come un pilastro essenziale della transizione globale verso le energie rinnovabili. Tuttavia, per trasformare questo crescente interesse in risultati concreti, sono necessarie azioni significative e immediate da parte dei governi di tutto il mondo. Per raggiungere gli obiettivi fissati al vertice COP28 di Dubai, la capacità idroelettrica installata annualmente dovrà aumentare gradualmente dagli attuali 20 GW a circa 25 GW entro il 2030, in linea con l'ambizione di triplicare la capacità globale di produzione di energia rinnovabile.

Tuttavia, l'obiettivo più ambizioso della neutralità climatica ("net-zero") richiede sforzi ancora maggiori. Per raggiungerlo, sarà necessario più che raddoppiare il ritmo di sviluppo dell'idroelettrico, arrivando a una capacità installata di 50 GW all'anno e mantenendo questa crescita costante almeno fino al 2050. Un'espansione di questa portata richiederà livelli senza precedenti di investimenti, innovazione e cooperazione internazionale. L'accelerazione necessaria richiede politiche di supporto efficaci, processi autorizzativi semplificati e meccanismi di finanziamento solidi. Inoltre, è fondamentale affrontare le preoccupazioni ambientali, garantendo che i nuovi progetti siano progettati in modo sostenibile, riducendo al minimo l'impatto ecologico e massimizzando al contempo la produzione energetica. Impegnandosi in queste azioni, i governi e gli attori

coinvolti possono fare dell'idroelettrico un elemento chiave per un futuro energetico più pulito e sostenibile.¹³

Produzione Idroelettrica 2023



- Trentino-Alto Adige 9,502 TWh
- Lombardia 9,150 TWh
- Piemonte 5,724 TWh
- Veneto 3,608 TWh
- Valle d'Aosta 3,124 TWh
- Abruzzo 1,526 TWh
- Friuli-Venezia Giulia 1,506 TWh
- Umbria 1,402 TWh
- Lazio 1,020 TWh
- Calabria 1,011 TWh
- Campania 0,948 TWh
- Emilia-Romagna 0,823 TWh
- Toscana 0,592 TWh

- Marche 0,526 TWh
- Sardegna 0,483 TWh
- Basilicata 0,376 TWh
- Sicilia 0,367 TWh
- Molise 0,222 TWh
- Liguria 0,141 TWh
- Puglia 0,009 TWh¹⁴

Le centrali idroelettriche si suddividono in tre principali categorie, determinate dalla configurazione degli impianti e dal modo in cui sfruttano la risorsa idrica per generare energia: **centrali ad acqua fluente**, **centrali a bacino** e **centrali ad accumulazione**. Ogni tipologia ha caratteristiche uniche che ne definiscono l'utilizzo e l'efficienza in contesti geografici e climatici specifici.

¹³ <https://modofluido.hydac.it/energia-idroelettrica-punto-situazione#:~:text=Nel%202023%2C%20la%20produzione%20di,2022%2C%20assestandosi%20a%204.185%20TWh.>

¹⁴ <https://dati.terna.it/generazione/dati-statistici#produzione/energia-elettrica-fonte>

Centrale ad acqua fluente: le centrali ad acqua fluente utilizzano il flusso naturale di un corso d'acqua, come un fiume o un torrente. L'acqua viene incanalata verso le turbine, dove l'energia cinetica del flusso viene trasformata in energia elettrica. Dopo aver attraversato le turbine, l'acqua viene restituita al corso naturale, a valle dell'impianto. Questi impianti si adattano particolarmente a corsi d'acqua con portate costanti durante l'anno, ma sono più sensibili alle variazioni stagionali o agli eventi climatici estremi che possono alterare il regime idrico.

Centrale a bacino: le centrali a bacino si basano sull'accumulo d'acqua in serbatoi, che possono essere naturali o creati artificialmente attraverso dighe. L'acqua immagazzinata in questi bacini viene rilasciata in modo controllato, scorrendo in caduta verso le turbine per generare energia, prima di essere reimpressa nel fiume. Questa configurazione consente di regolare la produzione energetica in base alla domanda, ottimizzando sia i flussi d'acqua che la quantità disponibile. I bacini sono spesso utilizzati anche per scopi multipli, come la gestione delle risorse idriche, l'irrigazione o la prevenzione delle inondazioni.

Centrale ad accumulazione: le centrali ad accumulazione, note anche come impianti di pompaggio, rappresentano un'evoluzione tecnologica particolarmente utile per la gestione delle fluttuazioni nella domanda energetica. Questi impianti utilizzano due serbatoi situati a diverse altitudini: uno a monte, che funge da riserva principale, e uno a valle, che funge da bacino di raccolta e riserva secondaria. Durante i periodi di bassa richiesta energetica, l'acqua che ha già generato energia elettrica scendendo verso il serbatoio a valle può essere pompata nuovamente verso quello a monte. Questo processo utilizza l'energia in eccesso nella rete, trasformando gli impianti ad accumulazione in un vero e proprio sistema di stoccaggio energetico. In questo modo, si garantisce una riserva pronta per essere sfruttata durante i picchi di domanda.¹⁵Grazie alla loro versatilità, le centrali ad accumulazione sono considerate fondamentali per l'integrazione delle fonti rinnovabili intermittenti, come il solare e

¹⁵ <https://www.enelgreenpower.com/it/learning-hub/energie-rinnovabili/energia-idroelettrica/centrale-idroelettrica>

l'eolico, contribuendo a stabilizzare il sistema elettrico e riducendo il ricorso a fonti non rinnovabili.

Le fonti rinnovabili fortunatamente sono in costante crescita e sviluppo e nel futuro l'uomo dovrà essere in grado di renderle ancor più potenti e in grado di generare ancor più energia per un mondo che ne richiederà sempre di più. Ma per il momento è innegabile che l'elettricità prodotta da **processi termici** sia ancora la modalità principale e più immediata.

In Italia esistono due tipi di sistemi di produzione energetica: le centrali **cogenerative** e **non cogenerative**, esse differiscono per la modalità con cui utilizzano l'energia primaria e per i loro rendimenti complessivi.

Centrali Cogenerative: si tratta di impianti progettati per produrre simultaneamente energia elettrica e calore, massimizzando l'efficienza complessiva. Questo sistema sfrutta il calore residuo, normalmente disperso nei processi di produzione di energia elettrica, per applicazioni utili come il riscaldamento di edifici o per processi industriali. Il funzionamento tipico si articola in quattro fasi:

1. Generazione di energia meccanica tramite combustibile, spesso gas naturale o biomasse.
2. Conversione in energia elettrica mediante un generatore.
3. Recupero del calore residuo, utilizzando uno scambiatore di calore.
4. Utilizzo dell'energia termica recuperata per soddisfare esigenze come il riscaldamento o la produzione di acqua calda.

Le centrali cogenerative offrono rendimenti elevati, spesso superiori al 90%, rispetto a un 30-40% di sistemi convenzionali. Sono utilizzate in ambiti industriali e civili, come ospedali, hotel e reti di teleriscaldamento.¹⁶

Centrali Non Cogenerative: producono un solo tipo di energia, generalmente elettrica, disperdendo il calore generato durante il processo. Questo avviene in centrali

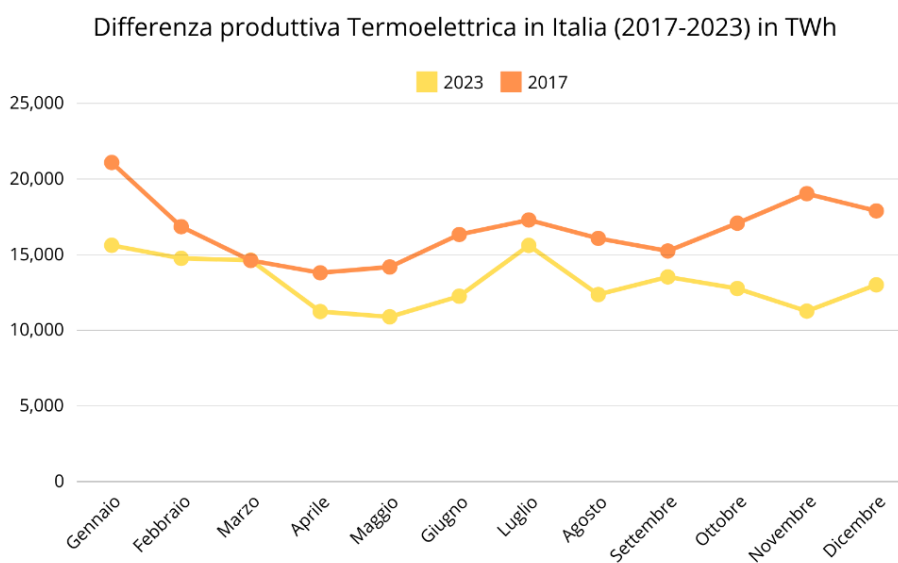
¹⁶ <https://www.eon-energia.com/magazine/energia-business/impianto-di-cogenerazione-cose-vantaggi-economici-e-ambientali.html>

termoelettriche convenzionali, dove il calore prodotto dalla combustione di un combustibile è usato esclusivamente per generare vapore, che alimenta le turbine per produrre energia elettrica. Questi impianti non prevedono il recupero del calore di scarto, comportando una maggiore dispersione energetica e rendimenti inferiori rispetto agli impianti cogenerativi. Tuttavia, risultano più semplici da costruire e gestire, rendendoli adatti a contesti dove il calore residuo non può essere facilmente utilizzato.

Le differenze e i vantaggi risiedono nel fatto che le centrali cogenerative sono più efficienti e rispettose dell'ambiente, riducendo le emissioni di gas serra e ottimizzando l'uso delle risorse primarie. Tuttavia, richiedono un'infrastruttura più complessa e costi iniziali maggiori.

Le centrali non cogenerative, al contrario, sono meno complesse ma meno efficienti, rappresentando un'opzione meno sostenibile sul lungo termine. Questa distinzione sottolinea come la cogenerazione stia diventando un pilastro della transizione energetica, con un ruolo centrale nella decarbonizzazione e nell'aumento dell'efficienza energetica globale.

Nel 2023 è la Lombardia (33,276 TWh) a guidare la classifica delle regioni italiane con la maggior produttività termoelettrica, seguono Emilia-Romagna (18,752 TWh), Puglia (17,501 TWh), Piemonte (17,281 TWh), Sicilia (11,620 TWh) e Calabria (9,756 TWh).



Dal grafico è possibile notare come la produzione energetica da fonti non rinnovabili sia progressivamente diminuita nel tempo.¹⁷ Prendendo in considerazione la produzione di due annate distanti un lustro, l'andamento produttivo è simile per entrambe le annate, ma con risultati ben diversi. Questo risultato è da attribuire alla crescita e sviluppo delle energie da fonti rinnovabili, e quindi ad una scelta più green da parte dello stato italiano.

A livello europeo, nel 2023 il nostro Paese risulta essere terzo per produzione di TWh, dietro solo a Germania e Turchia¹⁸, ma va sottolineato che tutta Europa sta invertendo la tendenza a produrre energia da fonti non rinnovabili.

Il futuro della produzione energetica dovrà andare nella stessa direzione degli ultimi anni, in modo tale da avere una capacità generativa che possa sempre più avvicinarsi alle richieste del fabbisogno nazionale ma che allo stesso tempo rispetti le direttive europee sugli obiettivi ambientali per il futuro.

L'Unione Europea, con la Direttiva (UE) 2023/2413 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 18 ottobre 2023 che modifica la direttiva (UE) 2018/2001, il regolamento (UE) 2018/1999 e la direttiva n. 98/70/CE per quanto riguarda la promozione dell'energia da fonti rinnovabili e che abroga la direttiva (UE) 2015/652 del Consiglio, ha stilato una serie di obiettivi al riguardo:

- Neutralità climatica entro il 2050 e riduzione delle emissioni di gas serra del 55% entro il 2030.
- Obiettivo del 42,5% di energia rinnovabile nel mix energetico dell'UE entro il 2030, con una soglia ambiziosa del 45% secondo il piano REPowerEU.
- Incremento delle capacità di produzione da fonti solare, eolica e offshore.
- Semplificazione delle procedure autorizzative per l'installazione di impianti di energia rinnovabile.
- Creazione di zone di accelerazione per agevolare lo sviluppo di progetti rinnovabili.
- Sviluppo e diffusione di tecnologie avanzate come pompe di calore, biometano, energia geotermica e sistemi di stoccaggio.

¹⁷ [Statistics | Eurostat](#)

¹⁸ [Statistics | Eurostat](#)

- Incentivi alla ricerca e all'innovazione per nuove tecnologie rinnovabili, con obiettivo del 5% della capacità rinnovabile installata da tecnologie innovative entro il 2030.
- Adozione del principio dell'uso a cascata per la biomassa, privilegiando usi materiali rispetto a quelli energetici.
- Promozione di una bioeconomia circolare per massimizzare l'efficienza e ridurre l'impatto ambientale.
- Aumento dell'uso di energia rinnovabile per il riscaldamento e raffrescamento degli edifici.
- Eliminazione graduale dei combustibili fossili negli edifici e integrazione di tecnologie per il teleriscaldamento.
- Progetti comuni fra gli stati membri per lo sviluppo di energie rinnovabili.
- Promozione della trasparenza e della collaborazione per raggiungere gli obiettivi europei.
- Riduzione delle barriere amministrative e accelerazione delle autorizzazioni per progetti rinnovabili.
- Razionalizzazione delle normative per promuovere un'adozione più rapida ed efficiente delle energie rinnovabili.

Questi punti delineano una strategia che mira a rendere l'Europa leader globale nella produzione e nell'uso sostenibile di energia, garantendo allo stesso tempo sicurezza energetica e competitività economica.¹⁹

3. Quali tecnologie esistono già?

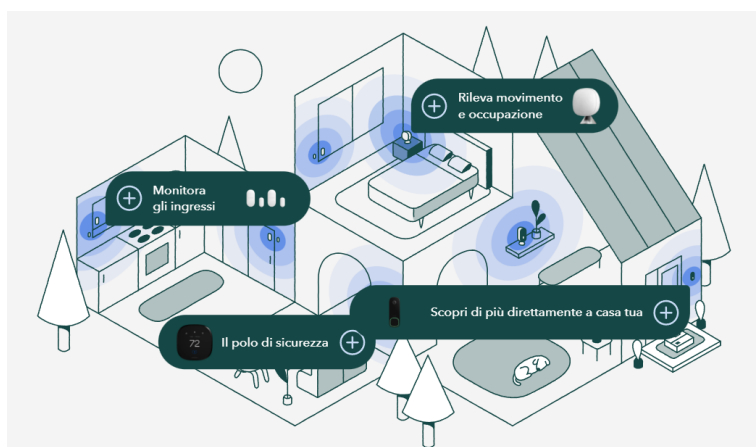
La riduzione degli sprechi energetici e il controllo dei consumi è un argomento che ha avuto modo di svilupparsi solo da alcuni anni, di conseguenza molte aziende hanno sviluppato progetti differenti con lo scopo di rispondere al bisogno sempre più insistente di gestire i consumi dell'attività umana.

¹⁹ [Direttiva \(UE\) 2023/2413 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 18 ottobre 2023, che modifica la direttiva \(UE\) 2018/2001, il regolamento \(UE\) 2018/1999 e la direttiva n. 98/70/CE per quanto riguarda la promozione dell'energia da fonti rinnovabili e che abroga la direttiva \(UE\) 2015/652 del Consiglio](#)

Realgrid dal 2000 lavora per costruire una comunità energetica, dove l'energia pulita viene prodotta, accumulata e distribuita tra una rete di persone, garantendo una maggiore autonomia e risparmio sulla bolletta. Tutto ciò è possibile grazie alla digitalizzazione dell'energia e a tecnologie capaci di far comunicare asset di produzione, accumulo e consumo di utenze diverse. Infatti, Realgrid consiglia l'uso del device SNOUCU che è in grado di rilevare l'origine e la quantità di consumi di acqua, gas ed elettricità nell'ambiente domestico o in quello aziendale.

Gli smart meter possono essere integrati direttamente nel contatore o collegati ad esso nel caso di un contatore di vecchia generazione, permettendo un monitoraggio e una presa di coscienza dei consumi in tempo reale e senza filtri del fornitore di energia. I dettagli sono ancor maggiori se si possiedono elettrodomestici smart o smart plug.²⁰

Ecobee è nata dall'idea di Stuart Lombard, che in seguito alla scoperta che il riscaldamento e il raffreddamento domestico rappresentano il 40% e il 60% del consumo energetico ha deciso di voler ridurre significativamente il suo impatto. Tramite l'ottimo lavoro del team gestito da Lombard, Ecobee ha cominciato a rendere disponibili sul mercato diversi strumenti smart di uso domestico. In primis i termostati intelligenti, in grado di regolare la temperatura domestica in base a diversi criteri, come il costo dell'elettricità in un determinato momento della giornata o la presenza di persone nell'abitazione; anche la qualità dell'aria viene valutata in tempo reale e di conseguenza il sistema capisce quando è il momento di modificare la temperatura o il livello di umidità. Tutte queste accortezze del sistema, consentono all'utenza di risparmiare fino al 26%



della bolletta energetica annua, ma allo stesso tempo mantenendo alto il livello di comfort in casa; tutto ciò controllabile comodamente dal proprio smartphone, smartwatch o tablet.

²⁰ <https://realgrid.com/magazine/smart-meter-scopri-come-funzionano-i-contatori-intelligenti/>

Ecobee ha reso disponibili anche altri dispositivi come la Videocamera Smart Doorbell da applicare vicino all'esterno della porta di ingresso e altri sensori di posizionare in vari angoli della casa, in modo da inviare al termostato smart dei dati ancora più precisi. Nell'idea di Lombard, la casa connessa del futuro non è solo intelligente. Impara e si adatta alle esigenze dell'utente, ma anche alle sue preferenze e ai suoi comportamenti. La casa Ecobee offre comfort quando si è lì e tranquillità quando si è lontani²¹.

Le prese intelligenti o **smart plug** sono un'altra soluzione di gestione dei consumi che sta prendendo piede negli ultimi anni. Vengono prodotte da diverse aziende, e in generale hanno caratteristiche molto simili, le più importanti sono:

- Impostare orari e giorni di accensione dei dispositivi a cui sono connessi.
- Gestire i dispositivi connessi a distanza, ad esempio accendere o spegnere l'irrigazione, le luci o il frigorifero.
- Le app ad esse collegate permettono di tenere sotto controllo i consumi che derivano dal passaggio di corrente da quella presa.



Le smart plug sono in grado di operare anche in assenza di wi-fi senza surriscaldare il dispositivo connesso, anche in caso di black-out e al ripristino della corrente la sua configurazione rimane la stessa. Grazie al loro costo accessibile sono una valida opzione per chi vuole monitorare i propri consumi a distanza e allo stesso tempo vuole controllare accensioni e spegnimenti dei propri dispositivi nel momento in cui non si trova a casa.

Gli **assistenti vocali** ormai si trovano in moltissime abitazioni per via del successo che hanno riscosso e per le loro capacità di assistenza all'utente. I più noti sono Amazon Alexa, Google Assistant o Apple HomeKit, possono controllare vari aspetti della casa (luci, riscaldamento, elettrodomestici) attraverso comandi vocali. Però è necessario affermare che gli assistenti vocali hanno come scopo il miglioramento del comfort dell'utente e non hanno invece come obiettivo primario la riduzione degli sprechi energetici.

²¹ <https://www.ecobee.com/en-us/all-products/>

Infine, esistono dei software di gestione energetica basato sull' IoT (Internet of Things). L' IoT favorisce l'efficienza operativa e l'automazione dei processi in diversi settori, tra cui quello energetico. Secondo un report di Transforma Insights e 6GWorld, la scelta di soluzioni IoT nei sistemi di gestione dell'energia può ridurre il consumo di elettricità di oltre 1,6 petawattora (PWH) entro il 2030²². L'Internet of Things (IoT) consente di monitorare in tempo reale i parametri chiave dei sistemi energetici, riducendo i consumi e i costi grazie alla misurazione intelligente e al monitoraggio continuo. Questo permette alle aziende di automatizzare la gestione energetica, migliorando l'efficienza e la sostenibilità. L'adozione dell'IoT non solo favorisce il risparmio energetico, ma aumenta anche la sostenibilità aziendale, contribuendo significativamente alla riduzione delle emissioni di CO2. Inoltre, l'IoT è essenziale per la manutenzione predittiva, prevenendo malfunzionamenti e interruzioni, e consente di prevedere i consumi energetici futuri, facilitando una pianificazione più efficace.

3.1. IoT

Il concetto di "Internet of Things" (IoT) è stato proposto per la prima volta da Kevin Ashton, co-fondatore dell'Auto-ID Center presso il MIT. Ashton, che faceva parte di un team innovativo nel campo della tecnologia, intuì per la prima volta l'idea di collegare oggetti a Internet tramite tag RFID durante una presentazione nel 1999, introducendo così la definizione "Internet of Things," che ha continuato ad affermarsi nel tempo. Sebbene Ashton sia considerato il primo ad aver usato il termine, il concetto di dispositivi interconnessi risale a molto tempo prima. Già nel lontano 1830, il telegrafo elettrico permetteva una rudimentale forma di comunicazione tra macchine. Successivamente, l'integrazione di radio, tecnologie wireless come il Wi-Fi, e software SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) hanno ulteriormente supportato lo sviluppo dell'IoT. Un esempio concreto di IoT primordiale è il distributore di Coca-Cola modificato nel 1982 alla Carnegie Mellon University: attraverso la rete ethernet locale o ARPANET (predecessore dell'attuale internet), gli studenti potevano verificare la disponibilità e la temperatura delle bevande.

²² <https://www.esa-automation.com/it/iot-nella-gestione-energetica/>

Oggi, il mondo è popolato da una quantità di dispositivi IoT maggiore rispetto al numero di persone. Questi dispositivi spaziano dagli smartwatch e altri wearables ai chip RFID per la gestione degli inventari. Gli oggetti connessi comunicano attraverso reti o piattaforme cloud, generando dati in tempo reale che alimentano la trasformazione digitale. L'IoT promette notevoli benefici per la salute e la sicurezza, migliorando le prestazioni aziendali, aumentando l'efficienza produttiva e affrontando sfide ambientali e umanitarie a livello globale. Numerose aziende sfruttano l'Internet of Things per comprendere in tempo reale le esigenze dei consumatori, incrementare la propria reattività, migliorare rapidamente la qualità dei macchinari e dei sistemi, ottimizzare le operazioni e adottare nuove modalità di lavoro innovative, supportando la trasformazione digitale.

Sono diversi i settori in cui questa tecnologia viene ampiamente operata:²³

- **Retail:** l'Internet of Things integra dati, processi di marketing e analisi su più canali. I rivenditori raccolgono i dati IoT sia dai canali fisici dei negozi che dai canali digitali, e utilizzano strumenti di analisi complessi, inclusa l'intelligenza artificiale (IA), per monitorare in tempo reale e comprendere il comportamento e le preferenze dei clienti in base al contesto. La loro strategia IoT include dispositivi connessi come chip RFID per la tracciabilità dell'inventario, ma anche smartphone, Wi-Fi, beacon e scaffali intelligenti. Questi strumenti permettono di migliorare l'efficienza operativa e l'esperienza del cliente.
- **Salute e benessere fisico:** la tecnologia dell'Internet of Things (IoT) applicata alla medicina, conosciuta come Internet of Medical Things (IoMT), raccoglie e trasmette dati in tempo reale provenienti da dispositivi medici collegati, tra cui strumenti indossabili e dispositivi di monitoraggio remoto. Questi dispositivi possono tenere traccia di parametri come attività fisica, sonno, frequenza cardiaca, pressione sanguigna, livelli di glucosio e altre metriche di salute. I dati raccolti vengono elaborati e analizzati per supportare diagnosi più precise e personalizzate, aiutando i professionisti della salute a sviluppare piani di trattamento specifici e a monitorare la risposta ai trattamenti nel tempo.

²³ https://www.sas.com/it_it/insights/big-data/internet-of-things.html

L'utilizzo di dati IoT nel settore medico permette di migliorare la sicurezza e gli esiti per i pazienti. Per esempio, il monitoraggio costante delle condizioni vitali consente di rilevare tempestivamente eventuali anomalie e di inviare segnalazioni al personale medico o ai caregiver in caso di necessità. Questo approccio è particolarmente utile per i pazienti affetti da malattie croniche, che possono così ricevere un'assistenza continua e mirata senza la necessità di frequenti visite mediche in presenza.

Inoltre, l'adozione dell'IoMT ottimizza l'efficienza operativa nelle strutture sanitarie, riducendo i costi associati ai ricoveri non necessari e favorendo un accesso più rapido alle cure per chi ne ha bisogno. L'integrazione con algoritmi di intelligenza artificiale (IA) permette di analizzare grandi quantità di dati medici, migliorando la prevenzione e la diagnosi precoce di patologie. Gli insights derivati dai dati IoMT consentono quindi alle strutture sanitarie di offrire cure più efficaci e di alto livello, aumentando l'efficienza generale del sistema sanitario.

- **Manifattura:** l'Internet of Things (IoT) connette tutte le fasi chiave del processo produttivo nell'ambito dell'Industrial Internet of Things (IIoT), includendo ogni elemento, dalla catena di fornitura alla distribuzione finale. Questa interconnessione offre una visione unificata e in tempo reale dei dati legati alla produzione, ai processi operativi e alla qualità del prodotto. Attraverso sensori avanzati posti su macchinari di produzione, impianti logistici e magazzini, l'IIoT consente la raccolta continua di dati su vari parametri, come temperature, vibrazioni, livelli di carico e prestazioni.

Questa mole di dati è poi elaborata mediante tecnologie di big data analytics, machine learning e modelli di previsione, che non solo supportano il controllo della qualità in ogni fase, ma permettono anche di anticipare guasti o inefficienze, limitando i tempi di inattività e riducendo i costi di manutenzione non programmata. La manutenzione predittiva è una delle funzionalità di punta dell'IIoT: le informazioni raccolte in tempo reale consentono di individuare anomalie nel comportamento delle macchine, prevenendo arresti improvvisi e ottimizzando il ciclo di vita delle apparecchiature.

Inoltre, questa connettività e la capacità di elaborazione dei dati permettono di ottenere un maggiore rendimento produttivo con un controllo ottimizzato delle

risorse, dal consumo di energia alla riduzione degli scarti. Le informazioni elaborate possono anche essere condivise con i fornitori e le parti interessate della catena di distribuzione, migliorando la collaborazione e l'efficienza complessiva. Per il cliente finale, l'adozione dell'IIoT migliora l'esperienza grazie alla possibilità di tracciare la qualità e l'origine dei prodotti, risolvendo eventuali problematiche più rapidamente e riducendo i costi di garanzia associati ai difetti. Le aziende possono inoltre personalizzare i prodotti in base alle esigenze del cliente, sfruttando la produzione flessibile resa possibile dall'integrazione digitale completa.

- **Trasporti:** la tecnologia dell'Internet of Things (IoT) applicata alla georeferenziazione e integrata con intelligenza artificiale distribuita lungo la catena del valore offre alle aziende di trasporto e logistica strumenti innovativi per ottimizzare l'efficienza e la produttività. Grazie a dispositivi connessi, GPS avanzato e sensori intelligenti montati su veicoli e container, le aziende possono monitorare in tempo reale la posizione, le condizioni ambientali e la manutenzione dei veicoli e delle merci. In particolare, questi sistemi consentono di ottenere informazioni su rotte, soste, consumo di carburante e stato dei veicoli, riducendo i tempi di inattività grazie alla manutenzione predittiva. Analizzando i dati provenienti dai sensori, è possibile prevedere guasti o esigenze di riparazione prima che diventino critici, mantenendo la flotta operativa e garantendo tempi di consegna rapidi e affidabili. Questo non solo ottimizza l'efficienza ma riduce anche i costi operativi a lungo termine e aumenta la longevità delle risorse aziendali. L'uso combinato di IoT e intelligenza artificiale può migliorare la sicurezza monitorando parametri come la velocità dei veicoli, il comportamento del conducente e le condizioni meteo, fornendo avvisi tempestivi per prevenire incidenti. La gestione dei dati in tempo reale permette, inoltre, una pianificazione logistica più accurata, minimizzando ritardi e ottimizzando i percorsi in base al traffico e alle condizioni stradali. L'efficacia della tracciabilità georeferenziata dell'IoT consente alle aziende di logistica di fornire aggiornamenti in tempo reale ai clienti riguardo allo stato delle spedizioni, migliorando la trasparenza e la soddisfazione del cliente. Con la possibilità di avere informazioni dettagliate e in

tempo reale sulle spedizioni, le aziende possono comunicare in modo proattivo ritardi o problemi e rispondere rapidamente a situazioni impreviste.

- **Pubblica amministrazione:** le applicazioni IoT vengono oggi implementate per risolvere molti problemi complessi e concreti, come la congestione del traffico, l'efficienza dei servizi urbani, lo sviluppo economico, il coinvolgimento civico e la sicurezza pubblica. In questo contesto, le città intelligenti (smart city) integrano sensori e dispositivi IoT nelle infrastrutture fisiche, come lampioni, contatori d'acqua, segnali stradali e sistemi di gestione dei rifiuti, creando un ecosistema urbano interconnesso e sostenibile. Questi sensori IoT permettono di monitorare i flussi di traffico in tempo reale, ottimizzare i percorsi dei mezzi pubblici e di emergenza e ridurre l'inquinamento atmosferico e acustico con sistemi di gestione del traffico intelligente. Ad esempio, tramite telecamere e sensori ai semafori, le smart city possono adattare i tempi dei segnali luminosi per migliorare la fluidità del traffico e minimizzare gli ingorghi. Inoltre, i contatori intelligenti consentono una gestione più efficiente delle risorse, come acqua ed energia, permettendo di rilevare in tempo reale eventuali perdite o sprechi e di migliorare l'efficienza energetica degli edifici. I sistemi di illuminazione urbana smart, dotati di sensori di movimento, possono accendersi e spegnersi in base alla presenza di persone, riducendo il consumo energetico e i costi di manutenzione. Le tecnologie IoT sono anche utilizzate per rafforzare la sicurezza pubblica: sensori e videocamere intelligenti installati nelle strade e nelle aree pubbliche possono identificare situazioni di pericolo o comportamenti sospetti, inviando segnalazioni alle autorità. Inoltre, tramite app mobili, i cittadini possono essere aggiornati su eventuali emergenze o interruzioni dei servizi, favorendo una maggiore comunicazione tra amministrazioni e residenti.
- **Energia:** l'Internet of Things (IoT) offre strumenti avanzati per migliorare l'affidabilità e l'accessibilità di servizi e prodotti, garantendo anche costi più equi e sostenibili. Grazie all'interconnessione dei dispositivi e delle macchine, l'IoT permette un monitoraggio costante dello stato di salute delle risorse, consentendo di identificare e prevedere eventuali problemi prima che si verifichino. Questa capacità di anticipare guasti e malfunzionamenti contribuisce a ridurre i costi di manutenzione e di fermo, assicurando una continuità e un'affidabilità maggiori

per l'utente finale. Nell'ambito delle energie rinnovabili, l'IoT gioca un ruolo cruciale nella gestione e nell'integrazione delle risorse di rete distribuite, come solare, eolico e idroelettrico. Sensori intelligenti e algoritmi di machine learning analizzano in tempo reale i dati provenienti dalle turbine eoliche o dai pannelli solari, ottimizzando l'erogazione e la distribuzione dell'energia in base alle condizioni ambientali e al fabbisogno della rete. Ciò permette non solo una produzione energetica più efficiente, ma anche una riduzione dell'impatto ambientale e una maggiore efficacia dell'infrastruttura energetica di fronte a variazioni di domanda e offerta negli ambiti in cui l'IoT ha un impatto significativo come quello delle smart home, dove i dispositivi intelligenti raccolgono e analizzano i dati relativi alle abitudini quotidiane degli utenti. Questi dati vengono utilizzati per migliorare la comodità, la sicurezza e l'efficienza energetica delle abitazioni. Ad esempio, i termostati intelligenti regolano automaticamente la temperatura in base alle preferenze degli abitanti e alle condizioni esterne, contribuendo a un risparmio energetico. Sistemi di sicurezza connessi, come telecamere e sensori, permettono un monitoraggio costante e personalizzato degli spazi, aumentando la sicurezza domestica. Inoltre, i dati raccolti possono informare lo sviluppo di nuovi servizi personalizzati, come assicurazioni casa su misura basate su analisi di comportamento e rischio. L'IoT, va oltre la semplice connettività: abilita una rete di servizi integrati, che spaziano dall'assistenza sanitaria all'industria, dalla gestione energetica alla sicurezza, fino ai servizi al consumatore. Contribuisce a creare un ecosistema tecnologico sempre più orientato alla sostenibilità, alla personalizzazione dei servizi e alla convenienza economica.

Il controllo remoto nella domotica offre una serie di vantaggi significativi, che migliorano il comfort, la sicurezza e l'efficienza energetica di un'abitazione. Uno dei principali benefici è la possibilità di monitorare e gestire a distanza numerosi dispositivi, come riscaldamento, illuminazione, videosorveglianza e elettrodomestici, garantendo una gestione semplice e immediata anche fuori casa. Questo tipo di automazione contribuisce a ottimizzare il consumo energetico, evitando sprechi e riducendo i costi delle bollette.

Sul fronte della sicurezza, il controllo remoto permette di attivare e monitorare sistemi di allarme e videosorveglianza. In caso di intrusioni, incendi o perdite d'acqua, i sensori

possono inviare notifiche in tempo reale ai proprietari, consentendo loro di agire prontamente per minimizzare i danni. Alcuni sistemi domotici permettono anche di simulare la presenza in casa, scoraggiando eventuali malintenzionati quando l'abitazione è vuota. Inoltre, la domotica semplifica la gestione delle attività quotidiane, migliorando la qualità della vita. Grazie al controllo remoto, le abitazioni diventano più accessibili anche per persone anziane o con mobilità ridotta, facilitando le attività domestiche e offrendo maggiore indipendenza. Con l'integrazione di tecnologie smart, le abitazioni possono anche adattarsi automaticamente alle condizioni esterne o alle preferenze degli utenti, creando un ambiente su misura per le esigenze di chi le vive.

3.2. L'origine delle risorse e il problema dei semiconduttori

Il mercato e la diffusione dei dispositivi per la casa intelligente sono indissolubilmente legati al sistema estrattivo e produttivo dei semiconduttori. Attualmente il 14% dei chip impiegati nella produzione, sono destinati ai dispositivi per la casa. Tenendo conto che sulla terra esistono 140 chip per ogni persona vivente, è facile immaginare quanto grande possa essere il dato relativo al totale di chip presenti nel mondo e quindi necessari a far funzionare i vari dispositivi che ci circondano.²⁴

Esistono diversi tipi di chip in base al numero di transistor che li compongono:

- SSI (Small Scale Integration): meno di 10 transistor.
- MSI (Medium Scale Integration): da 10 a 100 transistor.
- LSI (Large Scale Integration): da 100 a 10000 transistor.
- VLSI (Very Large Scale integration): da 10000 a 100000 transistor.
- ULSI (Ultra Large Scale Integration) (non molto utilizzata): fino a 10 milioni di transistor.

La produzione dei chip è un processo complesso che coinvolge molte fasi altamente specializzate, dalla progettazione al confezionamento finale

²⁴ <https://lab24.ilsole24ore.com/semiconduttori-chip-centro-industria-mondiale/>

- 1) **Progettazione:** si inizia con lo sviluppo del design e Stati Uniti, Giappone ed Europa guidano la classifica mondiale per questa fase. Gli ingegneri definiscono la forma e le caratteristiche che avrà il chip, l'obiettivo è ottenere un equilibrio tra prestazioni, efficienza energetica e costo.
- 2) **Preparazione del wafer:** il chip è composto da un wafer di cristallo di silicio purissimo che subisce una serie di lavorazioni prima di diventare tale.
- 3) **Fotolitografia:** il wafer viene inciso tramite un processo di fotolitografia, inizialmente una pellicola di fotoresist viene stesa sul wafer. Poi, tramite l'uso di luce ultravioletta e una maschera che contiene il progetto del circuito, vengono esposti e definiti i vari livelli del chip. Il fotoresist reagisce alla luce e forma un disegno che guiderà l'incisione chimica successiva.
- 4) **Incisione e deposizione:** in questa fase, i wafer subiscono un processo di incisione fisica o chimica, dove vengono lasciate solo le parti interessate, in seguito, vengono aggiunti i materiali conduttori o semiconduttori sopra il wafer, proprio questi strati formano i vari componenti del chip, come transistor, conduttori e isolanti.
- 5) **Doping:** in questa fase, ioni di altri materiali vengono "drogati" nel silicio per modificare le sue proprietà elettriche, creando aree che conducono elettricità o che agiscono come isolanti.
- 6) **Test e separazione:** dopo aver terminato le fasi precedenti, vengono testati i circuiti per verificare che tutto funzioni perfettamente, soltanto i chip che passano interamente il test possono passare alla fase successiva.
- 7) **Packaging:** in questa ultima fase, i chip vengono inseriti in confezioni protettive che li collegano al dispositivo a cui sono associati.²⁵

La produzione dei semiconduttori però presenta un problema, di tipo estrattivo e anche geopolitico; infatti, negli ultimi anni si parla di una vera e propria crisi dei semiconduttori, dove oltre alle aziende, anche i governi hanno dovuto prendere atto della situazione e agire nell'interesse dei propri cittadini e della propria economia. Uno dei principali fattori che ha scatenato la crisi è stata la pandemia di Covid-19. Nel 2020, con la diffusione del virus, molte aziende hanno ridotto la produzione e interrotto le catene di approvvigionamento, prevedendo un calo della domanda di elettronica. Invece c'è stata

²⁵ <https://www.micheleangeletti.it/articoli/140725-costruzione-di-un-processore.html>

una crescita esponenziale della domanda di dispositivi digitali, anche grazie al crescere del lavoro remoto, dall'e-learning e dall'intrattenimento domestico, che di conseguenza ha causato una domanda senza precedenti di semiconduttori.

Un altro elemento chiave è stata la rapida adozione di nuove tecnologie. La diffusione del 5G, l'Intelligenza Artificiale (AI), il cloud computing e l'Internet delle Cose (IoT) ha accelerato l'uso di chip più avanzati, aumentando ulteriormente la pressione sulla catena di fornitura dei semiconduttori. Questo incremento della domanda tecnologica ha superato la capacità produttiva, causando dei ritardi nelle consegne.

AMERICHE ASIA NEWS

Cina – Usa: la guerra dei microchip

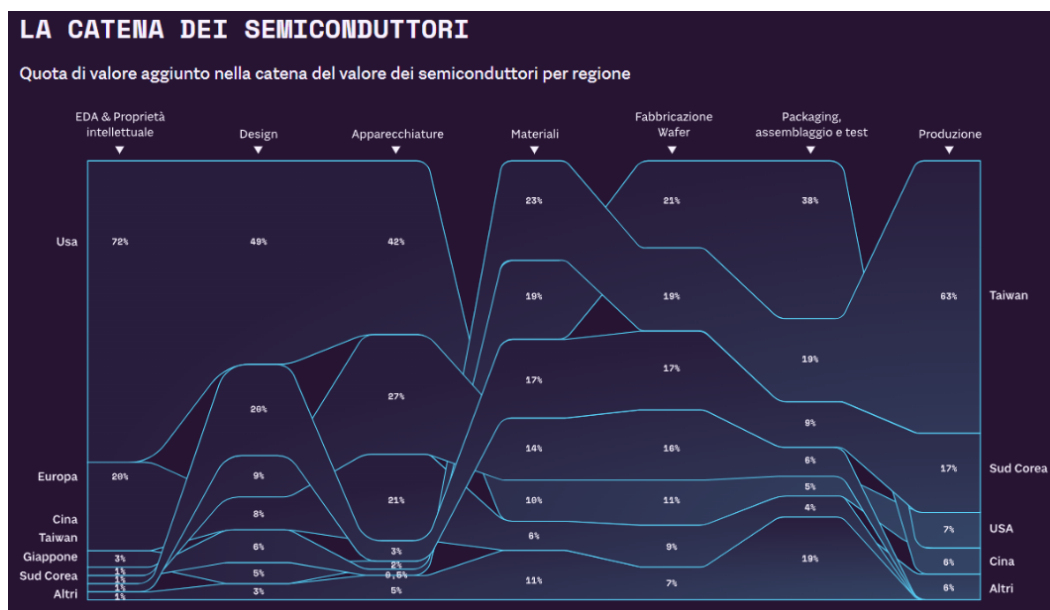
Conflitti commerciali. La battaglia sui semiconduttori e le innovazioni in corso. Il ruolo di Taiwan

Le tensioni geopolitiche tra Stati Uniti e Cina

hanno avuto un impatto significativo sulla crisi dei semiconduttori, soprattutto a causa delle misure restrittive imposte dagli Stati Uniti. Queste misure hanno l'obiettivo di limitare la capacità della Cina di accedere a tecnologie avanzate, considerate critiche per la sicurezza americana e per mantenere il dominio tecnologico globale. In particolare, gli Stati Uniti hanno imposto sanzioni e restrizioni su alcune aziende cinesi, tra cui Huawei, uno dei principali attori nel settore delle telecomunicazioni e dell'elettronica di consumo. Queste restrizioni hanno colpito questi colossi tecnologici cinesi vietando loro di acquistare semiconduttori prodotti con tecnologie statunitensi o che utilizzano proprietà intellettuale americana. Poiché gran parte della produzione globale di chip, anche se avviene in Paesi come Taiwan o Corea del Sud, si basa su tecnologie e materiali sviluppati negli Stati Uniti, le aziende cinesi si sono trovate in difficoltà nell'accedere ai semiconduttori avanzati.

Inoltre, gli Stati Uniti hanno cercato di bloccare l'accesso della Cina a strumenti e attrezzature per la produzione di semiconduttori di fascia alta. Anche aziende come la olandese ASML, che produce macchine per la litografia necessarie per fabbricare chip avanzati, sono state vincolate a non vendere a clienti cinesi. Questo ha impedito alla Cina di sviluppare autonomamente una capacità di produzione all'avanguardia, obbligandola a dover dipendere da fornitori esteri. Queste azioni hanno aumentato l'incertezza nel mercato globale, poiché le aziende tecnologiche in tutto il mondo si sono trovate a dover ripensare le proprie catene di approvvigionamento e a considerare l'impatto delle

restrizioni commerciali. La Cina, di conseguenza, ha avviato programmi per sviluppare la propria capacità di produzione di semiconduttori, ma ci vorranno anni per colmare il divario tecnologico. Nel frattempo, la crisi ha continuato a peggiorare a causa della limitata disponibilità di chip. La crisi dei semiconduttori ha avuto conseguenze gravi per diversi settori. Uno dei più colpiti è stato quello automobilistico. Le auto moderne dipendono sempre più da componenti elettronici per la gestione dei motori, la sicurezza e i sistemi di infotainment. La carenza di chip ha causato ritardi significativi nella produzione, portando a una riduzione della disponibilità di veicoli e di conseguenza un aumento dei prezzi. Anche l'industria dell'elettronica di consumo ha subito forti contraccolpi. Addirittura, aziende come Apple, Samsung e Sony hanno avuto difficoltà a reperire il quantitativo necessario di semiconduttori per soddisfare la domanda di smartphone, tablet, console di gioco e altri dispositivi. Questo ha portato a ritardi nelle consegne e a una minore disponibilità di prodotti sui mercati globali.



Dal grafico è possibile comprendere quanto sia complessa la situazione globale sui semiconduttori. Il lato occidentale del mondo gode di percentuali maggiori per quanto riguarda proprietà intellettuale, design e apparecchiature, ma non gode degli stessi risultati negli ambiti di produzione, fabbricazione Wafer, materiali e packaging e assemblaggio. Proprio in queste categorie, l'oriente domina, specialmente la piccola Taiwan è leader mondiale nella produzione con uno spazzante 63% del totale. Nelle altre

sezioni legate all'aspetto estrattivo e produttivo, compete ad armi pari con Cina, Giappone e Corea del Sud.

Per contrastare la crisi dei semiconduttori, governi e aziende hanno messo in atto diverse iniziative per aumentare la produzione. Negli Stati Uniti, ad esempio, è stato varato il CHIPS Act, un piano di investimenti da oltre 50 miliardi di dollari destinato a potenziare la produzione nazionale di semiconduttori, con l'intento di ridurre la dipendenza dalle importazioni provenienti dall'Asia, in particolare da Taiwan, e di rafforzare la sicurezza economica e tecnologica del paese.²⁶ Anche l'Unione Europea ha lanciato un ambizioso piano strategico per accrescere la sua presenza nel mercato globale dei semiconduttori. L'obiettivo dell'UE è raddoppiare la produzione entro il 2030, coprendo il 20% della domanda mondiale attraverso la costruzione di nuove fabbriche e un sostegno significativo alla ricerca e allo sviluppo tecnologico.

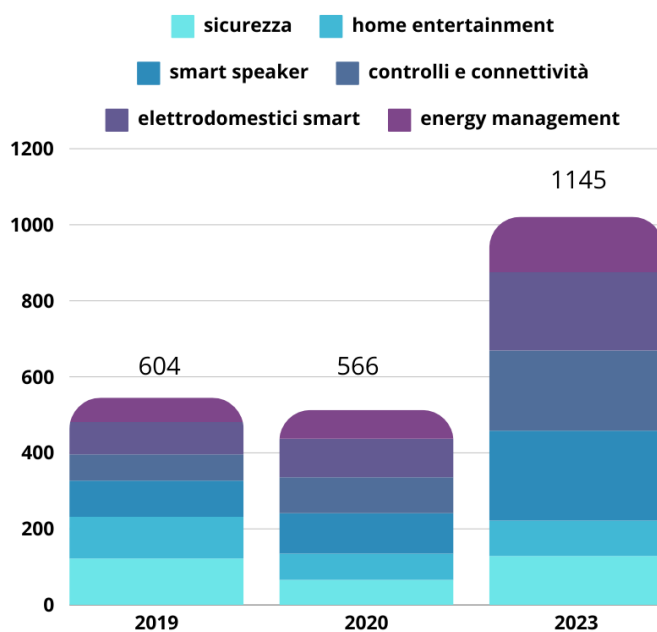
Contemporaneamente, aziende leader nel settore dei semiconduttori, come Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC) e Samsung, stanno investendo ingenti risorse per espandere le loro capacità produttive. TSMC, il principale produttore mondiale, ha annunciato un piano di investimento da cento miliardi di dollari nei prossimi tre anni per soddisfare la crescente domanda globale di chip.²⁷

3.3. Sbocchi sul mercato

Il mercato della smart home è in continua crescita in tutto il mondo. Dalla ricerca del Centro studi Tim, Stati Uniti e Cina guidano la classifica di mercato per questo settore, nel 2019 sono cresciuti rispettivamente del 20% e del 40%, ripetendosi anche nel 2020. In Europa, nello stesso anno la situazione è leggermente differente, Germania e

²⁶ <https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-10-17/chip-delivery-times-shrink-in-sign-that-supply-crunch-is-easing>

²⁷ <https://www.economiaepolitica.it/industria-e-mercati/la-carezza-dei-semiconduttori-cause-e-previsioni-sulla-sua-evoluzione/#:~:text=Il%2065%25%20degli%20intervistati%20ritiene,fino%20al%202024%20o%20oltre.>



Inghilterra risultano essere quelle col maggiore valore di mercato ma ancora distanti dai colossi esteri, mentre Italia (566 milioni di euro) e Spagna (566 milioni di euro) e Spagna quelle con maggiori prospettive future.²⁸

Nonostante la battuta d'arresto dettata dal Covid, si era prevista una nuova crescita importante nel 2021 per poi arrivare a superare un

giro d'affari di un miliardo nel 2023. I dati dell'Osservatorio Internet of Things della School of Management del Politecnico di Milano evidenziano una continua crescita del mercato italiano dell'Internet of Things, che nel 2023 ha raggiunto un valore di 8,9 miliardi di euro, segnando un aumento del 9% rispetto all'anno precedente. Questa crescita è da considerare importante anche per via della riduzione dei bonus e incentivi statali legati al Piano Transizione 4.0 che erano presenti fino all'anno precedente.

I dati dell'osservatorio fanno riferimento al mercato IoT in Italia comprendendo quindi tutti i suoi campi di utilizzo. È necessario quindi soffermare l'attenzione solo sul settore che più riguarda questa tesi, ovvero la crescita dell'IoT nel segmento Smart Home. I dati del 2023 mostrano un aumento del 5% rispetto all'anno precedente, passando da un giro d'affari di 770 milioni di euro a 810. La cifra è ben lontana rispetto alle rosee aspettative fatte dal Centro studi Tim che davano valori ben superiori al miliardo per il 2023. Se i dati possono far sembrare che la mancata "esplosione" del settore sia dovuta a un limitato interesse dei consumatori, in realtà il problema è da andare a ricercare alla base della

²⁸ <https://www.corrierecomunicazioni.it/industria-4-0/iot/smart-home-mercato-italiano-a-556-milioni-e-siamo-il-paese-con-le-maggiori-prospettive/>

catena produttiva. Infatti, è proprio la carenza dei semiconduttori e materie prime ad aver limitato la crescita, che comunque è stata del 18% nel 2022 rispetto all'anno precedente.²⁹

Gli italiani hanno creato la loro Smart Home a seconda dei bisogni attuali, con l'aumentare dei costi dell'energia, sono stati preferiti dispositivi che ottimizzano i consumi e ne consentono un'efficace gestione. Si stima che questa scelta possa far risparmiare fino al 23% della bolletta del gas e fino al 20% sulla luce. Nonostante gli italiani siano in gran parte sensibili al tema e attenti a adottare comportamenti sostenibili, le potenzialità "dell'Internet delle Cose" restano in gran parte inespresse. Solo il 17% dei cittadini utilizza dispositivi smart per monitorare i consumi in tempo reale, mentre una percentuale ancora inferiore gestisce sistemi di accumulo e autoproduzione da fonti rinnovabili (4%) o attiva servizi per ottimizzare i consumi (2%).

In **Germania** la situazione è differente rispetto a quella italiana per ciò che riguarda il giro d'affari. Infatti, solo il mercato delle Smart Home si prevede che possa toccare quota 8,7 miliardi di dollari nel 2024 (a differenza dell'Italia che si prevede un massimo di 1,3 miliardi), con una crescita annua di circa 9% fino al 2028 arrivando a un valore di mercato stimato intorno ai 12,3 miliardi di dollari. Questa crescita sarebbe dovuta alla maggiore permeabilità di queste tecnologie nella popolazione tedesca, si prevede infatti che nel 2028 il 90% delle famiglie avrà dispositivi smart per migliorare la propria condizione abitativa.³⁰ Il mercato della Smart Home in Germania sta vivendo un incremento della domanda, poiché i consumatori cercano sempre più praticità, efficienza e connettività nelle loro case, ma anche risparmio energetico, funzioni di sicurezza e automazione domestica. La voglia di maggiore praticità e controllo sugli elettrodomestici sta permettendo l'adozione di termostati smart, sistemi di illuminazione intelligenti e telecamere di sorveglianza. Inoltre, l'attenzione crescente alla sostenibilità e all'eco-compatibilità sta orientando le preferenze verso soluzioni smart per la casa che garantiscano un basso consumo energetico. Inoltre, i tedeschi fanno molta attenzione alle soluzioni per la casa che proteggono la privacy dell'utente. La domanda di prodotti di Smart Home è correlata alla sempre più crescente urbanizzazione dei centri abitati, in più il paese gode di una stabilità economica e un potere d'acquisto elevato, queste

²⁹ [Notizie - Smart home in Italia, crescita del +22% - INFOBUILD](#)

³⁰ <https://www.statista.com/outlook/cmo/smart-home/germany>

caratteristiche sono un terreno fertile per la diffusione dei dispositivi per la casa intelligente.

La **Francia** si stima possa arrivare a 3,5 miliardi nel 2024, incrementando annualmente del 8,9% fino ad arrivare a 4,9 miliardi nel 2028. Crescita leggermente inferiore ai 9,04% che si prevedono per l'Italia. La clientela francese predilige praticità, efficienza e sostenibilità, ma negli ultimi anni è cresciuto l'interesse per i dispositivi con funzioni di risparmio energetico, funzioni di sicurezza e capacità di controllo remoto. Negli ultimi anni nelle case dei francesi sono entrati in modo importante prodotti come altoparlanti intelligenti e termostati ad attivazione vocale. Il mercato della casa intelligente in Francia è in crescita, sostenuto da condizioni macroeconomiche favorevoli, come l'incremento del reddito disponibile e una maggiore consapevolezza dei benefici offerti dalla tecnologia smart per la casa. Con il progressivo miglioramento dell'economia e l'aumento delle competenze tecnologiche dei consumatori, si prevede un'ulteriore accelerazione nell'adozione di questi dispositivi. Inoltre, le iniziative governative e gli incentivi che promuovono l'uso di soluzioni intelligenti nelle abitazioni stanno contribuendo significativamente all'espansione di questo settore.

Il **Regno Unito** traina il mercato "europeo", nel 2024 si stima un giro d'affari intorno ai 10 miliardi di euro, con una forte crescita annua di 11,9% fino al 2028 con un valore di mercato di 15,9 miliardi. Più della metà delle famiglie inglesi utilizza nella propria abitazione i dispositivi smart, e nei prossimi anni la totalità delle case inglesi avrà almeno un dispositivo di Smart Home. Il mercato inglese predilige comodità, efficienza e sicurezza nelle loro case, di conseguenza è aumentata sensibilmente la domanda di dispositivi e sistemi per la casa intelligente. Ad aver raccolto l'interesse dell'utenza inglese sono state le tecnologie di controllo vocale, che sempre più rapidamente sono entrate nelle case di milioni di cittadini. A guidare la crescita nel Regno Unito sono anche importanti fattori macroeconomici come progressi tecnologici, potere d'acquisto e stabilità economica.

In Europa, altri paesi si trovano in una situazione simile a quella italiana per quanto riguarda il giro d'affari.

Per esempio, la **Svezia** dove si prevede che il fatturato del mercato della Smart Home raggiungerà 1,3 miliardi di euro nel 2024. E salirà a 1,9 miliardi entro il 2028 con una

crescita di 9,31 punti all'anno. Si tratta di un risultato importante per un paese che conta poco più di 10 milioni di abitanti. La Svezia sta vivendo un momento di forte crescita nel settore delle Smart Home, i dispositivi più richiesti sono quelli legati a praticità, efficienza energetica e sicurezza. La tipologia di controllo preferita è quella via smartphone, ma è in crescita anche quella via controllo vocale. Questo paese ha sempre avuto a cuore il tema della sostenibilità, anche per questo i cittadini hanno investito e continuano a investire per migliorare la propria efficienza energetica, applicando anche sistemi come termostati intelligenti e illuminazione intelligente. Tra i fattori che hanno spinto a diffondere le tecnologie della casa intelligente ci sono: posizione geografica, economia stabile, redditi molto alti e politiche di governo a favore dell'efficienza energetica e della sostenibilità.

Stesso discorso vale per la **Svizzera**, nonostante una popolazione ridotta si prevede 1 miliardo entro il 2024 e più di 1,4 miliardi entro il 2028 con una crescita ancor maggiore di quella svedese. Gli utenti si muovono verso la scelta di dispositivi legati a praticità, efficienza e sostenibilità per loro case, ma soprattutto verso la sicurezza domestica, che risulta essere la maggiore priorità per i cittadini. I fattori che rendono la svizzera un terreno fertile per la diffusione dei prodotti Smart Home sono molteplici: caratteristiche geografiche e demografiche, alto tasso di proprietà immobiliare e i livelli di reddito molto elevati, accesso diffuso a Internet ad alta velocità e infine le iniziative governative che promuovono la sostenibilità e l'efficienza energetica

Per il 2024 si prevedono 847 milioni di euro per la **Spagna**, con una crescita costante di 9,44 punti fino a al 2028 con un giro d'affari di 1,2 miliardi. Questo perché la percentuale di famiglie con prodotti smart per la casa è ancora assai limitata. I dispositivi che più sono stati acquistati sono legati alla praticità, sicurezza ed efficienza energetica, quindi termostati intelligenti, sistemi di illuminazione intelligente. Queste soluzioni vengono controllate da remoto col proprio smartphone o tramite controllo vocale. La crescita economica in Spagna, insieme all'aumento dell'urbanizzazione e della digitalizzazione, sta favorendo l'espansione del mercato della smart home. Con un numero crescente di famiglie nelle aree urbane che desiderano abitazioni moderne e tecnologicamente avanzate, la domanda di soluzioni intelligenti per la casa è destinata a crescere. Inoltre, le politiche governative che incentivano l'innovazione tecnologica e l'adozione di nuove tecnologie stanno sostenendo lo sviluppo del settore della casa intelligente in Spagna,

incoraggiando sia i consumatori che le imprese a investire in dispositivi connessi e tecnologie di automazione.

Altri paesi europei sono ancora molto indietro con l'utilizzo di queste tecnologie per la gestione dei consumi domestici, per esempio per Grecia, Irlanda e Romania si prevede una crescita costante ma più lenta rispetto ai paesi precedenti. Spostando l'attenzione fuori dall'Europa, Stati Uniti e Cina la fanno da padrone per dimensioni del giro d'affari.

Gli **Stati Uniti** guidano il mercato della casa intelligente, con un fatturato previsto per il 2024 di 36 miliardi e di 51,5 miliardi entro il 2028, con una crescita annua superiore al 9,3%. Sempre più famiglie americane investiranno per accontentare le proprie esigenze domestiche, specialmente per ciò che riguarda praticità, efficienza e connettività ma anche sicurezza e capacità di monitoraggio remoto. Per ridurre e controllare i consumi, anche gli americani si sono affidati all'installazione dei sistemi di illuminazione intelligente e ai termostati intelligenti. Le grandi Big Tech americane hanno prodotto in larga scala dispositivi di controllo e comando vocale, come Alexa, Siri, Google assistant e Microsoft Cortana, che velocemente sono entrate nelle case dei cittadini prima che nel resto del mondo. Proprio la presenza di questi grandi colossi tecnologici gioca un ruolo fondamentale nello sviluppo e diffusione dei dispositivi smart per la casa; infatti, è in aumento il numero di partnership fra aziende che collaborano per creare soluzioni sempre nuove ed efficaci. Tra i fattori macroeconomici favorevoli da dover citare, ci sono la solida economia americana che sta vedendo anche un aumento dei redditi nella popolazione, ma anche un interesse sempre più diffuso per queste soluzioni per la casa.

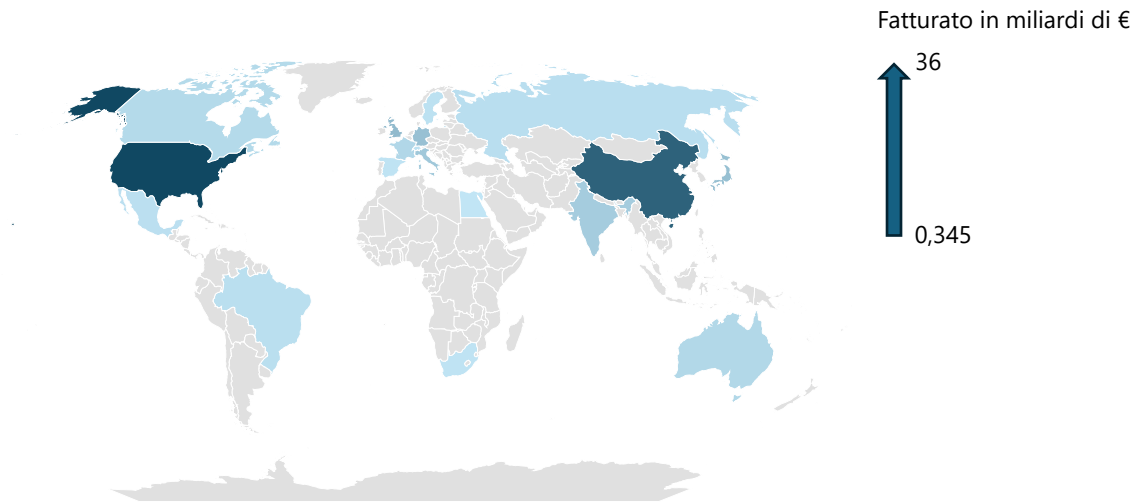
La **Cina** è seconda in questa grande classifica, per il 2024 si prevedono 30 miliardi di fatturato, che potrebbero arrivare a 48,6 entro il 2028, con una crescita annua del 12,8%. Le richieste dei consumatori sono le medesime dei paesi precedenti e anche qui sta prendendo sempre più piede l'interesse verso la sostenibilità associata al risparmio, di conseguenza vengono applicate soluzioni per venire incontro alle esigenze dei cittadini. Una tendenza chiave nel mercato cinese delle smart home è il crescente focus sull'intelligenza artificiale (IA) e sulle funzionalità di machine learning all'interno dei dispositivi. Questo permette un'automazione più intelligente e personalizzata, adattata alle necessità e preferenze specifiche degli utenti. Inoltre, l'integrazione di assistenti vocali e smart speaker sta guadagnando sempre più consensi, offrendo un controllo senza

mani e migliorando l'esperienza complessiva degli utenti nelle abitazioni connesse in tutta la Cina. Il paese è risaputo essere enormemente popolato, e grazie a una rapida urbanizzazione, è stato possibile il diffondersi dei dispositivi per la casa intelligente. La veloce crescita economica della Cina ha portato a un aumento del reddito disponibile, permettendo a un numero maggiore di consumatori di investire in tecnologie per le smart home. Inoltre, la competizione all'interno dell'industria tecnologica cinese stimola l'innovazione e l'abbassamento dei costi, rendendo i prodotti per la casa intelligente più accessibili a una vasta fascia di consumatori. La crescente enfasi sulla digitalizzazione e sulla connettività in diversi settori dell'economia cinese contribuisce ulteriormente a creare un contesto favorevole per l'espansione del mercato delle smart home nel paese.

L'ultimo paese che è necessario citare in quanto quarto nella classifica globale è il **Giappone**. Per il 2024 si stimano 8,8 miliardi di euro di fatturato, e con una crescita annua del 14,03% si punta ad arrivare a 14,8 miliardi entro il 2028. La domanda di dispositivi Smart Home è cresciuta per far fronte alle necessità di sicurezza, praticità, efficienza e sostenibilità. Nel mercato giapponese della Smart Home, un'importante tendenza è l'integrazione di tecnologie avanzate come l'intelligenza artificiale e l'Internet of Things (IoT). I dispositivi intelligenti che apprendono e si adattano alle preferenze degli utenti stanno diventando sempre più diffusi. Cresce anche l'uso di assistenti vocali e elettrodomestici smart, che offrono connettività continua e controllo semplificato per i proprietari di casa. Inoltre, la crescente attenzione all'efficienza energetica e alla sostenibilità ambientale sta favorendo l'adozione di termostati intelligenti, sistemi di illuminazione e dispositivi per il monitoraggio dei consumi energetici. Anche lo spazio abitativo limitato e l'invecchiamento costante della popolazione sono delle cause a favore della scelta dei prodotti per la casa intelligente per migliorare le condizioni di vita del cittadino. Anche il governo giapponese sta dando il suo contributo, scegliendo politiche basate su incentivi per la riduzione degli sprechi domestici, oltre che a una nota cultura locale legata al rispetto per l'ambiente.

Oltre a questi paesi decisamente orientati verso la Smart Home, nel mondo esistono ancora moltissime aree geografiche dove il fenomeno è ancora semi-sconosciuto o è ancora molto limitato. L'intera Africa, per esempio, ad esclusione di paesi virtuosi come

Previsioni 2024



Con tecnologia Bing

Egitto e Sud Africa, è rimasta indietro, sono molti i fattori a supporto di questa posizione, in primis il limitato potere d'acquisto dei privati, la limitata urbanizzazione e lo scarso interesse della maggior parte della popolazione. Lo stesso discorso vale per il centro-sud America, dove oltre i discreti fatturati di **Brasile e Messico**, gli altri paesi si trovano in una situazione ancora arretrata ma con migliori possibilità di sviluppo nel futuro per via dell'aumento della classe media e di conseguenza di un avvicinamento alle caratteristiche che distinguono i paesi più in avanti in questo settore.

Per quanto riguarda il sud-est asiatico e l'Oceania, solo l'**Australia** ha avuto una forte espansione nel mercato della Smart Home. Per l'**India** è necessario un discorso a parte, infatti nonostante la previsione di 6 miliardi per il 2024, resta un fatturato relativamente basso in proporzione alla sua popolazione; però va detto che La rapida digitalizzazione dell'economia indiana, combinata con le iniziative governative volte a promuovere città intelligenti e stili di vita sostenibili, sta plasmando un ambiente altamente favorevole per la crescita del mercato delle case intelligenti. Questa evoluzione è ulteriormente accelerata dall'espansione della classe media, che dispone di un potere d'acquisto in aumento, e dalla crescente accessibilità della tecnologia, che sta rendendo dispositivi e soluzioni smart più convenienti per un ampio spettro di consumatori.

Un elemento cruciale di questa crescita è rappresentato dalle partnership strategiche tra aziende tecnologiche globali e produttori locali, che non solo favoriscono l'innovazione

nel settore, ma contribuiscono anche a rendere queste soluzioni più adatte alle esigenze specifiche del mercato indiano. Queste collaborazioni stanno portando allo sviluppo di dispositivi più economici e user-friendly, incrementando così il tasso di adozione tra i consumatori.

Inoltre, il sostegno delle politiche governative, come gli incentivi fiscali per le tecnologie sostenibili e le infrastrutture digitali migliorate, sta spingendo ulteriormente il settore verso una crescita significativa. Guardando al futuro, si prevede che la combinazione di fattori socio-economici, tecnologici e normativi continuerà a stimolare l'espansione del mercato delle case intelligenti, posizionando l'India come uno dei principali hub globali per l'innovazione e l'adozione di soluzioni smart.³¹

3.4. L'intelligenza artificiale

L'intelligenza artificiale (IA) sta trasformando il modo in cui le persone interagiscono con la propria casa, soprattutto attraverso i dispositivi di domotica. Molti di questi apparecchi sfruttano l'AI per ottimizzare il loro funzionamento, aumentando efficienza e comodità. Un esempio significativo è rappresentato dalle telecamere di sorveglianza intelligenti, che, grazie all'IA, possono riconoscere i membri della famiglia e distinguere tra persone e animali domestici, evitando di rilevare falsi allarmi.

Inoltre, l'intelligenza artificiale consente a queste telecamere di inviare notifiche personalizzate o avviare la registrazione solo in presenza di eventi rilevanti. Alcune telecamere avanzate integrano la tecnologia di riconoscimento facciale, permettendo di identificare automaticamente chi vive nella casa e adattare le impostazioni in base alle preferenze individuali. Oltre alle telecamere, esistono sistemi di sicurezza intelligenti che utilizzano sensori e algoritmi per prevedere situazioni pericolose, come fughe di gas o allagamenti. Grazie all'IA, questi sistemi possono anche apprendere dai dati storici e adattarsi al comportamento degli utenti, offrendo una protezione su misura. Un'altra applicazione dell'intelligenza artificiale è rappresentata dai termostati intelligenti. Alcuni di questi dispositivi utilizzano il machine learning per apprendere le abitudini di utilizzo della temperatura e, nel tempo, ottimizzano automaticamente le impostazioni per garantire comfort ed efficienza energetica.

³¹ [Smart Home - India | Statista Market Forecast](#)

Anche i robot aspirapolvere sono un esempio di applicazione dell'AI in ambito domestico: grazie a sofisticati algoritmi di navigazione, mappano la casa e pianificano il percorso più efficace per pulire ogni stanza. Alcuni modelli di ultima generazione possono persino riconoscere le aree più frequentate e concentrarsi maggiormente su di esse.

Infine, anche i televisori smart utilizzano l'intelligenza artificiale per ottimizzare la qualità dell'immagine in base al contenuto visualizzato, migliorando costantemente le prestazioni grazie al machine learning. L'IA è sempre più integrata nelle nostre attività quotidiane. Ad esempio, le auto a guida autonoma, già operative in alcune città statunitensi, utilizzano questa tecnologia per migliorare la sicurezza stradale e offrire una guida più confortevole. In parallelo, molte funzionalità tipiche della domotica, come il controllo vocale di climatizzazione e intrattenimento, stanno trovando spazio all'interno di questi veicoli.

Anche i motori di ricerca, come Google, sfruttano l'IA per fornire risposte sempre più precise e veloci alle nostre ricerche online, grazie all'apprendimento automatico che migliora continuamente i risultati forniti. Inoltre, modelli di intelligenza artificiale avanzati, come ChatGPT, stanno cambiando il modo in cui l'uomo interagisce con le tecnologie digitali, rendendo la comunicazione con i sistemi informatici più naturale ed efficiente.

Il futuro dell'intelligenza artificiale è difficile da prevedere, vista la rapidità con cui si evolve la tecnologia. Tuttavia, è certo che l'AI diventerà sempre più centrale nella vita quotidiana, integrandosi in dispositivi che già vengono utilizzati senza che ci si renderà conto, come gli smartphone. Nell'ambito della domotica, l'intelligenza artificiale sta già giocando un ruolo cruciale nel miglioramento dell'efficienza energetica delle abitazioni, grazie a dispositivi come termostati intelligenti e assistenti vocali che permettono di controllare ogni aspetto della casa in modo semplice e intuitivo.

Oggi, creare una casa smart è alla portata di molti: dispositivi come termostati, telecamere e sistemi di illuminazione intelligenti sono sempre più diffusi e disponibili a prezzi accessibili. Per ottimizzare la gestione di questi apparecchi, esistono hub e gateway come il TaHoma Switch di Somfy, che consente di controllare vari dispositivi connessi tramite una singola app. Questo gateway è compatibile con numerosi dispositivi per la smart home, e può essere integrato con assistenti vocali come Amazon Alexa o Google

Assistant, offrendo un'esperienza ancora più intuitiva e personalizzata. Grazie alla funzione di programmazione, è possibile automatizzare azioni come l'accensione delle luci al tramonto o la chiusura delle tapparelle al mattino, rendendo la casa sempre più efficiente e intelligente.³²

Riguardo al futuro della domotica, il protocollo **Matter** semplificherà la comunicazione tra dispositivi di marche diverse, favorendo una maggiore fluidità nell'uso e una configurazione più semplice degli ecosistemi domestici. Matter è uno standard sviluppato dalla Connectivity Standards Alliance (CSA), che include grandi aziende tecnologiche come Apple, Google, Amazon e Samsung. L'obiettivo principale di Matter è garantire che i dispositivi smart home di marche diverse possano comunicare tra loro senza problemi, eliminando la necessità di utilizzare gateway o app specifiche per ogni produttore. Questo viene ottenuto attraverso un linguaggio di comunicazione unificato, basato su protocolli già affermati come Wi-Fi, Thread e Bluetooth Low Energy.³³

Sono diversi i vantaggi di questa tecnologia:

- **Interoperabilità senza precedenti:** un dispositivo smart home come una lampadina, un termostato o una serratura può essere configurato e controllato da qualsiasi piattaforma compatibile, come Google Home, Apple Home Kit o Amazon Alexa. Questo significa che gli utenti non saranno più vincolati a un unico ecosistema.
- **Configurazione semplificata:** semplifica il processo di configurazione grazie a un sistema di onboarding standardizzato. Ad esempio, i nuovi dispositivi possono essere aggiunti alla rete domestica scansando un semplice codice QR.
- **Migliore sicurezza:** Matter integra funzionalità di sicurezza avanzate, come la crittografia end-to-end e l'autenticazione dei dispositivi, riducendo il rischio di vulnerabilità informatiche.
- **Ecosistemi più ampi e accessibili:** i produttori di dispositivi IoT possono aderire a Matter senza sviluppare software specifico per ogni piattaforma. Questo potrebbe portare a un'espansione dell'offerta di dispositivi compatibili e a una riduzione dei costi per i consumatori.

³² <https://www.somfy.it/somfy-blog/somfy-magazine/articolo/intelligenza-artificiale-e-domotica>

³³ <https://www.iotdomotica.info/?p=24>

- **Compatibilità con tecnologie emergenti:** Matter è progettato per lavorare con tecnologie emergenti come la rete **Thread**, che offre una connessione stabile e a basso consumo energetico, ideale per dispositivi alimentati a batteria come sensori o serrature.³⁴

L'introduzione di standard come Matter potrebbe ridefinire il concetto di domotica, passando da sistemi chiusi e complessi a soluzioni aperte e intuitive. I principali cambiamenti includono automazioni fluide, dove gli utenti possono creare routine che coinvolgono dispositivi di diverse marche senza preoccuparsi di compatibilità; Espansione dei mercati emergenti per via lo sviluppo e l'adozione di dispositivi IoT, favorendo la diffusione della domotica anche nei mercati meno maturi tecnologicamente; e infine Maggiore sostenibilità tramite la standardizzazione che riduce la produzione di dispositivi e gateway specifici per singoli ecosistemi, con un impatto positivo sull'ambiente.

Sebbene promettente, Matter deve ancora affrontare alcune sfide:

- **Adozione universale:** non tutti i produttori hanno ancora adottato lo standard, e alcuni ecosistemi legacy potrebbero non essere compatibili.
- **Gestione dei dati:** con dispositivi sempre più interconnessi, la questione della privacy e della gestione dei dati personali rimane critica.

Tuttavia, Matter rappresenta un passo decisivo verso una smart home realmente connessa, accessibile e user-friendly. Con il supporto di aziende leader del settore, si prevede che questo standard diventerà una pietra miliare nella diffusione globale della domotica intelligente.

4. Il caso dell'**Ctrl+Alt Museum di Pavia**

Per questo progetto si è deciso di rivolgersi al **Ctrl+Alt Museum di Pavia**. Questo grazie ad una intuizione del professor Lotito, docente e relatore di questa tesi, che dopo aver ascoltato le idee e i concetti posti alla base della tesi, ha indicato il **Museum** come un

³⁴ <https://www.key4biz.it/smart-home-litalia-cresce-e-le-novita-arrivano-dal-protocollo-matter/481039/>

esempio virtuoso in grado di fornire tutto il necessario per ampliare e sviluppare al meglio i vari argomenti che nelle prossime righe verranno presentati.

Un luogo di lavoro di grandi dimensioni come quello del **Ctrl+Alt Museum di Pavia** necessita di molta energia per funzionare al meglio. In primis, il raffreddamento e il riscaldamento devono lavorare parecchio per raggiungere le temperature adatte a garantire il giusto comfort per le persone all'interno. Ma non solo, il sistema di illuminazione e i diversi dispositivi a carica elettrica pesano in modo importante sulla bolletta. Facendo una attenta analisi ci si è accorti che non era possibile diminuire i costi soltanto spegnendo alcune luci o usando di meno il condizionatore, anche perché andava a significare una riduzione importante del comfort della struttura. Quindi l'opzione migliore da prendere in carico è stata quella di intraprendere un percorso di ottimizzazione ed efficientamento della struttura ovviamente strizzando l'occhio al risparmio energetico.

Risparmio energetico ed efficientamento energetico sono dei concetti legati fra loro ma differenti. Il **risparmio energetico** si riferisce alla riduzione dei consumi di energia elettrica tramite un comportamento adeguato a quell'obiettivo, associato all'utilizzo di apparecchi che consumano meno energia. La scelta dell'installazione del pannello solare è un chiaro esempio di investimento volto al risparmio energetico, perché l'energia prodotta dai pannelli consente all'utente di non prelevare corrente dalla rete elettrica a pagamento. Mentre **l'efficientamento energetico** riguarda l'ottimizzazione dell'uso dell'energia, quindi consumare meno energia ma ottenere gli stessi risultati se non migliori. Un esempio potrebbe essere proprio la scelta di una lampadina a led, che consuma decisamente molta meno energia ma allo stesso tempo garantisce una prestazione di livello e una durata ben più lunga.

È stato necessario al **Museum** quindi fare un investimento volto alla sostituzione di alcuni device e oggetti a consumo energetico della struttura. Le lampadine smart a LED rappresentano una soluzione altamente innovativa e vantaggiosa rispetto alle tradizionali lampadine. Queste non si limitano a fornire illuminazione, ma sono progettate per migliorare efficienza, durata e comfort negli ambienti domestici e lavorativi, grazie alle loro caratteristiche uniche.

Sicuramente l'aspetto centrale è l'**efficienza energetica**. Le lampadine a LED consumano circa il 75-80% di energia in meno rispetto alle tradizionali lampadine a incandescenza,

il che significa una significativa riduzione dei costi in bolletta e un impatto ambientale notevolmente inferiore. Questa efficienza contribuisce anche alla sostenibilità, rendendo le lampadine a LED una scelta ecologica. In termini di durata, le lampadine smart a LED hanno un ciclo di vita molto più lungo, con una durata che può arrivare fino a 25.000 ore di utilizzo. Questo corrisponde a diversi anni di funzionamento continuo, riducendo così la necessità di sostituzioni frequenti, ovviamente con ulteriori risparmi economici e riduzione degli sprechi. Un altro grande vantaggio è la controllabilità da remoto. Queste lampadine, grazie alla connessione Wi-Fi o Bluetooth, possono essere gestite tramite applicazioni sul proprio smartphone o integrate con assistenti vocali come Amazon Alexa. È possibile accenderle, spegnerle e modificarne l'intensità o il colore anche quando non si è fisicamente presenti, aumentando il comfort e la praticità. Le opzioni di personalizzazione della luce sono altrettanto notevoli. Le lampadine smart a LED permettono di regolare sia l'intensità che il colore della luce, per adattarsi a qualsiasi situazione: una luce più calda può favorire il relax, mentre una più fredda aiuta a concentrarsi durante lo studio o il lavoro. Alcuni modelli offrono una gamma di milioni di colori, ideali per creare l'atmosfera perfetta nell'ambiente. Inoltre, queste lampadine possono essere integrate in sistemi di domotica, collaborando con altri dispositivi intelligenti come termostati, telecamere di sicurezza o sensori di movimento. Questo permette di creare automazioni chiamate "scenari", come accendere le luci quando si entra in una stanza o programmarle per spegnersi a determinati orari, migliorando l'efficienza e la sicurezza.

Chiaramente dal punto di vista della **sostenibilità ambientale**, le lampadine a LED sono una scelta ecologica, in quanto non contengono mercurio, un elemento presente in alcune lampadine fluorescenti compatte (CFL), che è dannoso per l'ambiente e richiede particolari precauzioni nello smaltimento. Infine, la sicurezza è un altro importante fattore. Grazie alla possibilità di controllo remoto, le lampadine smart a LED possono essere utilizzate per simulare la presenza di persone in casa anche quando non si è presenti, riducendo i rischi di intrusioni. Questo è utile soprattutto per chi trascorre lunghi periodi fuori casa, senza dover temere di incappare in bollette spropositate.³⁵

³⁵ https://www.lampadinagiusta.it/page.php?id_pagina=216

È a questo punto che è sorta la necessità di ampliare il discorso dei consumi e capire come, in che modo e quando l'energia veniva consumata. Sono stati inseriti dei sensori che inviano costantemente i valori dei consumi istantanei di ogni dispositivo a un sistema centrale. Questa comunicazione fra il dispositivo e l'hub centrale avviene tramite connessione wi-fi, in questo modo tutti i dispositivi energetici possono inviare i dati di consumo all'interfaccia e possono essere letti in tempo reale dall'utente.

Il sistema Shelly (altrimenti detto attuatore) è collegato alla presa elettrica e permette all'utente di accendere o spegnere il dispositivo collegato, bloccando o lasciando passare la corrente elettrica che lo alimenta, risulta quindi molto semplice poter gestire i consumi in modo remoto via app o via assistente vocale. All'interno della struttura di lavoro del **Museum** sono stati inseriti 158 Shelly in modo da avere il controllo totale su ogni fonte di consumo energetico.

Quindi tutto a un tratto una grande quantità di dati che derivavano da svariati device hanno permesso di misurare con minuziosità i consumi elettrici della struttura. È stato possibile definire il concetto di “data awareness” (consapevolezza del dato), con questo termine si fa riferimento al concetto di consapevolezza rispetto a caratteristiche, contenuti, potenzialità e criticità relative all'utilizzo dei dati.³⁶

I due concetti principali che è necessario riconoscere per questa iniziativa sono quelli dell'autosostenibilità e dell'ecosostenibilità:

- **L'autosostenibilità** si riferisce alla capacità di un sistema, organismo o entità di mantenere sé stesso autonomamente, senza dipendere in maniera significativa da risorse esterne. Nel contesto ambientale o economico, un sistema autosostenibile è in grado di funzionare senza esaurire le risorse disponibili o provocare danni irreversibili al proprio ambiente o al proprio equilibrio. Un esempio di auto sostenibilità è un ecosistema naturale che, in equilibrio, ricicla i nutrienti, gestisce i rifiuti e regola le proprie popolazioni in modo tale da mantenere il suo funzionamento a lungo termine senza necessità di interventi esterni.
- **L'ecosostenibilità** si riferisce alla capacità di preservare l'ambiente e le sue risorse nel lungo termine, assicurando che le attività umane non compromettano la

³⁶ <https://www.generalali.com/it/info/discovering-generalali/all/2023/data-awareness#:~:text=Cosa%20si%20intende%20per%20Data,relative%20all'utilizzo%20dei%20dati>

capacità degli ecosistemi di rigenerarsi. Il concetto implica l'uso responsabile delle risorse naturali in modo da soddisfare i bisogni attuali senza mettere a rischio la possibilità per le future generazioni di fare lo stesso. Le pratiche ecosostenibili includono la riduzione delle emissioni di gas serra, l'uso di energie rinnovabili, la minimizzazione dei rifiuti e l'adozione di tecnologie e stili di vita che riducono l'impatto ambientale.

4.1. La qualità dell'aria

Dopo aver finalmente capito da dove derivavano i consumi energetici e in che modo potevano essere arginati, il passo successivo al **Museum** è stato capire il livello qualitativo dell'aria che veniva respirata in tutti gli spazi indoor. Per svolgere questa analisi è stato necessario prima capire quali erano le particelle dell'aria che potevano risultare dannose per la salute delle persone e poi installare una serie di sensori che allo stesso modo di quelli per la rilevazione energetica, potevano inviare dati al sistema di raccolta dati.

La ricerca sulle componenti dannose aeree ha evidenziato la necessità di sapere le quantità di TVOC, PM10, PM2,5 e CO2 nell'aria, e poi anche rilevare la temperatura e percentuale di umidità, che indirettamente sono ugualmente importanti per stabilire un livello adeguato di salubrità degli ambienti interni.

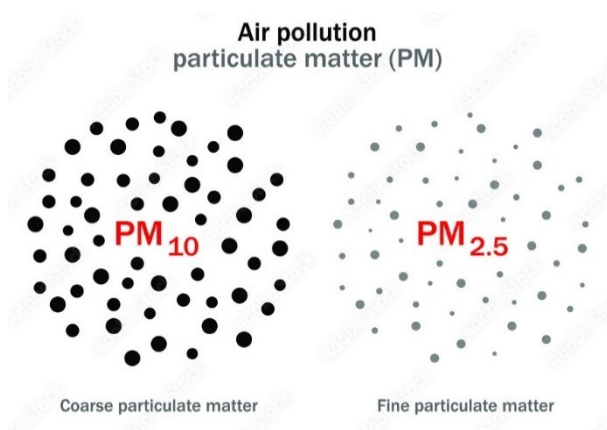
TVOC (Total Volatile Organic Compounds): è una sigla che sta per "Composti organici volanti totali" e va a racchiudere dei determinati tipi di composti presenti nell'aria, più precisamente una miscela di composti organici volanti.

Negli ambienti chiusi è possibile rilevare TVOC relativi a vernici, tessuti, colle, disinfettanti e fumo, un esempio classico è quello del toner della stampante negli uffici. I Composti Organici Volatili Totali (TVOC) possono essere nocivi se inalati, e rappresentano un rischio per la salute. Gli effetti variano in base alla loro composizione chimica, alla quantità a cui si è esposti e alla qualità della ventilazione dell'ambiente. Le conseguenze possono spaziare da lievi fastidi sensoriali a gravi danni per la salute. Alcuni di questi composti sono classificati come cancerogeni. Si ipotizza che l'esposizione a VOC (Volatile Organic Compounds) ovvero Composti Organici Volatili, in ambienti chiusi possa aumentare il rischio di cancro per coloro che trascorrono molto tempo in

questi spazi, come indicato dal Ministero della Salute. Elevate concentrazioni di TVOC negli spazi interni sono anche associate alla "sindrome dell'edificio malato". Le modalità di prevenzione dai TVOC sono semplici ma vanno prese con serietà, è necessario ventilare spesso l'ambiente ed evitare l'utilizzo di sostanze chimiche, ma allo stesso tempo è buona cosa usare prodotti per la pulizia neutri, ridurre l'utilizzo di profumatori e conservare i prodotti chimici in luoghi areati.³⁷

Il rilevamento dei Composti Organici Volatili Totali (TVOC) ha iniziato a svilupparsi nel campo della qualità dell'aria interna oltre 40 anni fa. Inizialmente, si misuravano le concentrazioni individuali di VOC attraverso la cromatografia a gas, un metodo che ha guadagnato riconoscimento negli anni '80. Un passo significativo nella definizione analitica dei VOC, inclusi i TVOC, si è avuto intorno al 1997. Da allora, sono stati perfezionati diversi metodi per il calcolo dei TVOC, ma rimane una certa confusione riguardo alla loro definizione precisa e all'uso corretto, data la complessità delle sostanze coinvolte.³⁸

PM10: l'acronimo PM, che sta per "Particulate Matter" (materiale particolato), è utilizzato per indicare particelle sottili solide o liquide sospese nell'aria, derivanti da varie fonti. Le particelle PM sono classificate per dimensione: PM10, PM2.5 e PM1, dove il numero indica il diametro in micron. Il PM10 rappresenta particelle con diametro compreso tra 10 e 2,5 micron e può provenire anche da fonti naturali come eruzioni vulcaniche e polline, o attività umane come combustione e traffico. Il particolato può essere primario o formarsi da reazioni chimiche in atmosfera (particolato secondario).



Le fonti naturali includono erosione del suolo, incendi boschivi, e dispersione di pollini. Le fonti antropiche, invece, comprendono processi di combustione come quelli nei motori a scoppio, negli impianti di riscaldamento, e nelle attività industriali, oltre al traffico

³⁷ <https://www.aircare.it/inquinanti-indoor-tvoc/>

³⁸ <https://publica.fraunhofer.de/entities/publication/003b8bc1-34d5-441f-a96d-902fb66355cd>

stradale. Parte del particolato è generata dalla trasformazione di gas come ossidi di azoto, biossido di zolfo e ammoniaca, che formano particelle liquide o solide nell'atmosfera.

Per quanto riguarda la salute, il PM10 è uno dei principali indicatori della qualità dell'aria e può avere effetti negativi significativi, soprattutto a lungo termine. A causa della sua composizione chimica variabile, queste particelle possono trasportare sostanze nocive come idrocarburi policiclici aromatici e metalli pesanti (piombo, cadmio, arsenico), che possono aderire alla loro superficie. Studi epidemiologici globali mostrano una correlazione tra esposizione al PM10 e aumento della mortalità per malattie cardiache e respiratorie, soprattutto in soggetti vulnerabili come anziani, bambini e persone con patologie preesistenti. Inoltre, il PM10 può raggiungere le vie respiratorie inferiori, contribuendo a serie patologie come bronchiti croniche e riduzione della funzione polmonare. L'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (AIRC) ha classificato il particolato aerodisperso, in particolare la frazione fine, tra i cancerogeni di gruppo 1, ovvero agenti certamente cancerogeni per l'uomo. Gli effetti dell'esposizione a lungo termine includono anche un aumento del rischio di tumore polmonare.³⁹

Le rilevazioni del PM10 sono iniziate a metà anni '90 col crescere della preoccupazione generale della qualità dell'aria. Prima della rilevazione del PM10, i controlli sull'aria si limitavano a esaminare il Black-Smoke e alla scurezza delle particelle di inquinamento che venivano raccolte.⁴⁰

PM 2,5: il PM2,5, noto come particolato fine, si distingue per le sue dimensioni ridotte (inferiori a 2,5 micron), che lo rendono più pericoloso rispetto al particolato grossolano. Il particolato fine può provenire sia da fonti antropiche, come industrie, traffico veicolare e riscaldamento, sia da reazioni chimiche in atmosfera (particolato secondario). Le sue dimensioni gli permettono di restare a lungo sospeso nell'aria e di essere trasportato per lunghe distanze.

A livello sanitario, il PM2,5 è particolarmente insidioso poiché, una volta inalato, può superare la barriera tracheo-bronchiale e raggiungere gli alveoli polmonari, dove può penetrare nel sistema circolatorio. Ciò comporta una serie di conseguenze negative per la

³⁹ <https://ancler.org/pm-10/>

⁴⁰ <https://ehjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12940-017-0252-2>

salute umana. Gli studi evidenziano come il PM_{2,5} sia associato a un aumento di malattie respiratorie, tra cui bronchite, asma e riduzione della funzionalità polmonare, ma anche a malattie cardiovascolari. Le persone con patologie preesistenti, come problemi cardiaci o polmonari, i bambini e gli anziani, sono particolarmente vulnerabili agli effetti nocivi di questo inquinante.

Il rapporto dell'Agencia Europea dell'Ambiente del 2019 ha evidenziato come l'esposizione al PM_{2,5} nel 2016 abbia causato oltre 412.000 morti premature in Europa, con un impatto devastante sulla popolazione. In Italia, la situazione non è meno grave, con migliaia di decessi attribuiti alle polveri sottili. Gli effetti a lungo termine del PM_{2,5} includono non solo un aumento del rischio di malattie croniche, ma anche complicazioni durante la gravidanza, come parto pretermine e basso peso alla nascita.

Inoltre, il particolato fine può trasportare sulla propria superficie altre sostanze inquinanti come metalli pesanti e composti organici volatili, aumentando ulteriormente la sua pericolosità. Questi inquinanti, una volta respirati, possono provocare infiammazioni sistemiche e contribuire allo sviluppo di malattie come il cancro ai polmoni, inserendo il particolato tra le sostanze cancerogene di classe 1 secondo l'Agencia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (AIRC). I governi stanno cercando di ridurre l'esposizione al particolato fine attraverso normative più rigide e promuovendo l'uso di tecnologie più pulite, ma il problema dell'inquinamento atmosferico rimane una delle sfide ambientali e sanitarie più urgenti a livello globale.

Il monitoraggio del PM_{2.5} è iniziato più recentemente rispetto al PM₁₀. Negli Stati Uniti, l'Agencia per la Protezione Ambientale (EPA) ha avviato il monitoraggio sistematico del PM_{2.5} nel 1999, come parte delle misure regolatorie previste dal Clean Air Act per ridurre e controllare l'inquinamento atmosferico. Questo è stato reso necessario dai rischi per la salute associati alle particelle fini, in quanto possono penetrare più in profondità nei polmoni e persino nel flusso sanguigno, presentando rischi maggiori rispetto al particolato più grande come il PM₁₀. Anche a livello internazionale, molti altri paesi hanno iniziato a monitorare dettagliatamente il PM_{2.5} all'inizio degli anni 2000, come parte degli sforzi per migliorare gli standard di qualità dell'aria e proteggere la salute pubblica.⁴¹

⁴¹ <https://www.epa.gov/air-trends/particulate-matter-pm25-trends>

CO2: l'Istituto Superiore di Sanità (ISS) ha stilato delle raccomandazioni per migliorare la qualità dell'aria interna, con un'attenzione particolare alla misurazione dei livelli di anidride carbonica (CO2). L'obiettivo principale è quello di garantire un adeguato ricambio d'aria, che può essere ottenuto sia mediante sistemi meccanici sia attraverso la ventilazione naturale. È stato ampiamente dimostrato che ambienti interni salubri dipendono in gran parte da un efficace rinnovo dell'aria. La valutazione della concentrazione di CO2 non solo aiuta a prevenire il disagio e problemi di salute correlati alla cattiva qualità dell'aria, ma contribuisce anche a mantenere un ambiente produttivo e sicuro, riducendo l'esposizione a rischi chimici, fisici e biologici. I fattori che incrementano le quantità di CO2 negli spazi chiusi sono dovuti a:

- Quantità di persone.
- Tipo di attività svolta.
- Dimensioni degli spazi interni.
- Condizioni di utilizzo dello spazio interno.
- Se e quando vengono aperte le finestre.
- Se e in che modo vengono utilizzati i sistemi di ventilazione.

L'ISS ha anche stabilito i limiti entro cui non è rischioso permanere negli spazi indoor, la concentrazione massima di CO2 presente non deve superare 1000 ppm (parti per milione). Dopo questa soglia il corpo umano inizia ad accusare senso di affaticamento e concentrazione ridotta, oltre i 5000 ppm insorgono nausea e battito accelerato, dai 15000 ppm arrivano seri problemi respiratori e infine dopo 40000 ppm aumentano sensibilmente le probabilità di perdita di conoscenza.⁴²

La raccolta dei dati attraverso indagini e misurazioni è solo il primo passo, ed è relativamente semplice. La vera sfida consiste nel trasformare tali dati in azioni pratiche, attraverso una strategia ben strutturata ed efficace. Una strategia efficace si basa su alcuni punti fondamentali che devono essere interconnessi per garantire una prevenzione adeguata:

⁴² <https://www.enectiva.cz/it/blog/2017/05/concentrazione-co2/#:~:text=2000%2D5000%20ppm%20%2D%20potenziali%20mal,15000%20ppm%20%2D%20problemi%20respiratori>

- **Strategia flessibile e dinamica:** deve essere adattata e rivista costantemente, tenendo conto degli obiettivi che si desidera raggiungere. Le misurazioni devono essere analizzate caso per caso per identificare eventuali anomalie nei sistemi di ventilazione e correggere eventuali errori nel ricambio d'aria naturale, come un uso inefficiente di porte e finestre.
- **Formazione e sensibilizzazione del personale:** non è sufficiente limitare queste attività ai responsabili della sicurezza. Tutto il personale deve essere coinvolto, in modo da comprendere appieno i vantaggi e le sfide legate alla misurazione del CO₂, oltre a promuovere comportamenti corretti e pratiche quotidiane che migliorino il ricambio d'aria.⁴³

Questi elementi sono essenziali per rendere più frequente ed efficace la ventilazione degli spazi, migliorando così la qualità dell'aria indoor.

Il monitoraggio della CO₂ negli ambienti interni è una pratica relativamente recente, emersa come metodo per valutare la qualità dell'aria e l'efficacia della ventilazione. Storicamente, è stato introdotto soprattutto negli edifici commerciali e scolastici seguendo le raccomandazioni di organizzazioni come l'American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), che ha raccomandato il mantenimento di livelli di CO₂ inferiori a 1000 ppm già da diversi decenni. Tuttavia, l'uso estensivo di dispositivi di monitoraggio della CO₂ è diventato più comune a partire dagli anni '90, con l'introduzione di sensori a infrarossi non dispersivi (NDIR), che hanno reso più facile e accessibile la rilevazione in tempo reale della concentrazione di CO₂.

La rilevazione di CO₂ negli ambienti interni ha guadagnato ulteriore importanza durante la pandemia di Covid-19, poiché la misurazione dei livelli di CO₂ è stata riconosciuta come uno strumento utile per valutare la ventilazione, riducendo il rischio di trasmissione aerea del virus.⁴⁴

Secondo l'organizzazione mondiale della sanità, I parametri ideali per temperatura e umidità in una stanza variano a seconda della destinazione d'uso, ma in generale, i valori considerati ottimali per il benessere umano in ambienti chiusi sono i seguenti:

⁴³ <https://www.ariasicura.it/anidride-carbonica-in-ambienti-indoor-indicazioni-iss/>

⁴⁴ <https://www.co2meter.com/blogs/news/co2-monitors-frequently-asked-questions>

- **Inverno:** tra 19°C e 22°C. Si suggerisce di mantenere la temperatura leggermente più bassa nelle camere da letto, tra i 18°C e i 20°C, per favorire il riposo.
- **Estate:** tra 24°C e 26°C per il comfort termico. In particolare, è importante evitare una differenza troppo elevata tra la temperatura interna e quella esterna, per non provocare sbalzi termici che possono creare disagio o malesseri.

Per quanto riguarda l'umidità invece è consigliabile una percentuale compresa fra 40 e 60, sotto questa soglia l'aria risulterebbe secca andando ad irritare le vie aeree, mentre oltre il 60% l'umidità andrebbe a formare muffe e funghi, portando con sé problemi respiratori e allergie.

All'interno del **Museum** sono presenti altri tipi di sensori che possono agire e interagire col sistema centrale, per esempio i sensori di fumo, disposti in alcuni punti, sono dispositivi progettati per rilevare la presenza di particelle di combustione o gas generati durante un incendio, avvisando così tempestivamente le persone del pericolo. Esistono diverse tipologie di sensori di fumo, ognuna delle quali utilizza principi tecnologici specifici per rilevare la presenza di fumo o fiamme:

- **Rilevatori a ionizzazione:** utilizzano una sorgente radioattiva per ionizzare l'aria tra due elettrodi. In presenza di fumo, la ionizzazione si riduce, interrompendo la corrente elettrica e facendo scattare l'allarme. Sebbene sensibili e rapidi, questi dispositivi sono ormai poco utilizzati a causa dei rischi legati alla radioattività e dei costi elevati per la loro dismissione.
- **Rilevatori ottici:** sfruttano l'effetto Tyndall, che si verifica quando particelle di fumo diffondono la luce. Una fotocellula rileva la variazione del raggio luminoso e attiva l'allarme. Questi sistemi sono oggi preferiti per la loro sicurezza e semplicità di manutenzione. Alcune versioni non allineano emettitore e ricevitore di luce, rilevando il fumo tramite riflessioni luminose.

Esistono anche altri metodi per rilevare incendi, come sensori di calore, gas o fiamme, che però intervengono in fasi più avanzate dell'incendio. I rilevatori di fumo, oltre a salvare vite, possono attivare impianti di estinzione e notificare i soccorsi, rendendoli strumenti essenziali e obbligatori secondo le normative italiane ed europee.⁴⁵

⁴⁵ [Come funzionano i rilevatori di fumo? Le tipologie di rilevamento nei sistemi antincendio](#)

4.2. La compartimentazione

Ogni zona dell'edificio è **compartimentata**, questo significa che diversi sensori sono posizionati in ogni area predefinita della struttura, in modo tale da poter raccogliere dati localizzati e precisi per un determinato punto e poter agire di conseguenza. Questa è una scelta che consente al sistema e quindi all'utente di poter sapere qual è la situazione a livello di temperatura, umidità o qualità dell'aria di una determinata stanza, allo stesso tempo correggere qualsiasi problematica indicata segnalata dal sistema. Per esempio, se i sensori di rilevamento di umidità del bagno ne registrano una percentuale troppo elevata, solo la finestra del bagno verrà aperta automaticamente, e non la finestra della cucina dove i sensori rilevano una corretta percentuale di umidità. L'efficacia della compartimentazione è ottima se associata ad un sistema di domotica che possa reagire agli impulsi forniti dai sensori.

I vantaggi della compartimentazione coi sensori sono molteplici:

- **Efficienza Energetica:** i sensori di temperatura e umidità possono essere integrati con termostati intelligenti per regolare automaticamente il riscaldamento o il condizionamento in base alla zona e all'occupazione. Per esempio, se una stanza non è utilizzata, il sistema riduce l'energia consumata in quell'area, limitando il riscaldamento o il raffrescamento non necessari.
- **Comfort personalizzato:** in una casa compartimentata, i dispositivi smart possono regolare l'illuminazione, il suono o persino le schermature solari in ogni stanza in base alle preferenze degli abitanti. Sensori di luce possono regolare automaticamente l'intensità delle luci per adattarsi all'illuminazione naturale, mentre sensori di presenza attivano i dispositivi solo nelle stanze in cui sono presenti persone.
- **Gestione della sicurezza:** i sensori di movimento e i sistemi di allarme sono collocati strategicamente per rilevare presenze o intrusioni. Se compartimentati in stanze o zone diverse, questi sensori possono identificare esattamente dove è avvenuto un movimento sospetto e attivare telecamere o bloccare ingressi. Questo riduce i falsi allarmi e fornisce maggiore precisione.

L'acqua è un bene limitato, nell'idea di un progetto di auto sostenibilità e attenzione all'ambiente non si può fare a meno di considerare l'acqua che si consuma come un elemento di vitale importanza. In Italia, il consumo domestico di acqua per famiglia è tra i più alti d'Europa. Ogni italiano consuma mediamente circa 220 litri al giorno, e una



famiglia di due persone arriva a circa 120-150 metri cubi di acqua all'anno. Questo dato pone l'Italia al primo posto per consumo idrico tra i Paesi europei e tra i primi al mondo, complice una distribuzione idrica inefficiente e una gestione delle risorse che non sempre rispetta standard di sostenibilità.

Le abitudini domestiche giocano un ruolo importante in questo consumo. Circa il 39% dell'acqua domestica viene utilizzata per l'igiene personale, principalmente per docce e bagni. L'uso di lavastoviglie e lavatrici, la pulizia domestica e l'irrigazione di giardini e piante assorbono una quota significativa. Ogni lavaggio in lavatrice, ad esempio, richiede dai 60 ai 90 litri di acqua, mentre una doccia di 10 minuti consuma circa 120 litri. Questi consumi possono variare sensibilmente a seconda del numero di componenti familiari e delle abitudini di utilizzo. Uno dei maggiori problemi riguarda però la dispersione idrica. Circa il 40% dell'acqua potabile immessa nelle reti di distribuzione si perde a causa di infrastrutture obsolete e malfunzionanti, un dato che rappresenta una criticità importante per il sistema idrico italiano. L'acqua, dopo essere stata raccolta e resa potabile attraverso processi di purificazione, viene immessa nei tubi per raggiungere gli utenti finali. Tuttavia, lungo questo percorso, una porzione significativa si disperde prima di arrivare

alle abitazioni, incrementando il costo per l'intero sistema e riducendo la disponibilità per gli utenti.

La bolletta dell'acqua è strutturata in modo tale da scoraggiare gli sprechi: oltre a una quota fissa per il servizio acquedotto, c'è una quota variabile che aumenta in base al consumo. Ridurre il consumo d'acqua non solo contribuisce alla sostenibilità ambientale, ma porta a un risparmio economico per le famiglie. Ad esempio, chiudere il rubinetto mentre ci si lava i denti o si fa la barba può ridurre il consumo di 30-70 litri ogni volta. Effettuare lavaggi a pieno carico in lavatrice o lavastoviglie aiuta inoltre a limitare l'uso complessivo di acqua. Attraverso queste semplici accortezze, le famiglie possono contribuire a preservare una risorsa tanto preziosa quanto limitata e migliorare la loro efficienza idrica complessiva.⁴⁶

La scelta di misurare le quantità di acqua utilizzate è stata quindi obbligatoria per l'area di lavoro del **Museum**. Si è deciso di creare un flussometro, ovvero un sistema con all'interno un microcontrollore ESP32 programmato con un codice, che collegato ad un sensore è in grado di leggere il flusso dell'acqua. Quindi è stato comprato un flussimetro, che è stato collegato a valle del tubo dell'acquedotto.

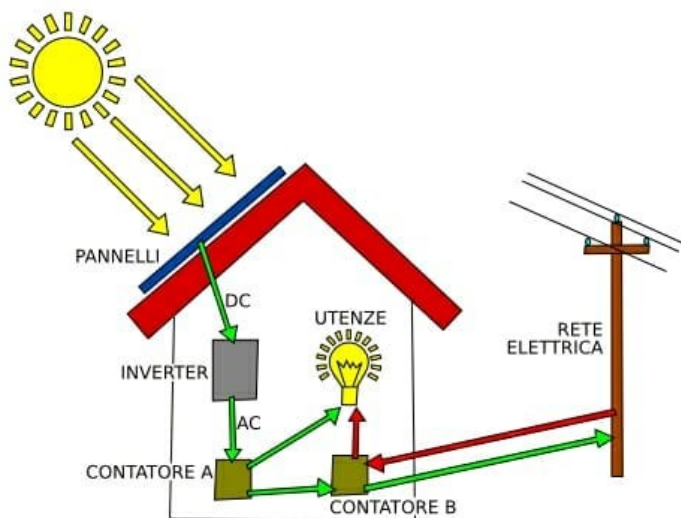
L'acqua passa attraverso il tuo e incontra il sistema, la girandola al suo interno gira grazie al flusso naturale dell'acqua, il sensore rileva il numero dei giri della girandola e li converte in centilitri d'acqua, in modo da avere una quantità misurabile del flusso e dei consumi. Il microcontrollore è collegato via wi-fi all'hub centrale, di conseguenza tutti i dati arrivano in tempo reale all'Interfaccia della consapevolezza.

L'ESP32 è stata una scelta intelligente perché nonostante le piccolissime dimensioni, gode di diverse qualità e vantaggi, è a basso consumo energetico, permette di essere collegato via wifi e bluetooth ed è in grado di gestire diverse applicazioni IoT, sensori, attuatori e altre periferiche. Le finalità per il quale viene applicato riguardano proprio il mondo della domotica e dell'IoT, ma anche robotica e automazione industriale.⁴⁷

⁴⁶ <https://quifinanza.it/green/consumo-medio-acqua-quanto-ammonta/508463/>

⁴⁷ <https://www.edizioniswr.it/esp32.html>

4.3. L'energia del sole



Il **Museum** si è attrezzato di un impianto di produzione di energia per poter fronteggiare alle bollette sempre più care. Il fotovoltaico è stata la scelta più immediata per via dei suoi numerosi vantaggi. Nell'ambito della domotica, i **pannelli fotovoltaici** svolgono un ruolo strategico per migliorare l'efficienza energetica e

automatizzare la gestione dei consumi domestici. Integrati con sistemi di automazione, i pannelli fotovoltaici producono energia elettrica sfruttando la luce solare e le sue radiazioni, questa energia può essere utilizzata immediatamente o accumulata in batterie per l'uso futuro, ottimizzando il risparmio energetico. Un pannello funziona attraverso l'uso di celle fotovoltaiche, principalmente composte di silicio, che cattura l'energia della luce solare e la converte in elettricità. Le celle fotovoltaiche sono formate da due strati di silicio trattati diversamente: uno caricato positivamente e l'altro negativamente. Questa struttura crea un campo elettrico tra gli strati, conosciuto come giunzione P-N. Quando i fotoni della luce solare colpiscono la cella, forniscono energia agli elettroni, permettendo loro di muoversi liberamente e creando una corrente elettrica continua. Questa corrente continua (DC) viene poi indirizzata a un dispositivo chiamato inverter, che la converte in corrente alternata (AC), la forma utilizzabile per alimentare dispositivi elettrici nelle abitazioni o nelle aziende. A seconda della configurazione, i pannelli fotovoltaici possono essere utilizzati per fornire energia direttamente alla rete elettrica o per alimentare batterie di accumulo, rendendo possibile l'uso dell'energia anche in momenti in cui il sole non è presente.⁴⁸

⁴⁸ <https://senec.com/it/blog/come-e-fatto-un-pannello-fotovoltaico-struttura-e-funzionamento>

Il pannello è costituito da diversi componenti che ne garantiscono la funzionalità e la durata: oltre alle celle, include uno strato di vetro temperato che protegge dai danni esterni, un materiale adesivo (EVA) che sigilla e preserva le celle dall'umidità, e una cornice in alluminio che fornisce stabilità strutturale. Il design e i materiali del pannello lo rendono resistente a condizioni climatiche difficili, e la maggior parte dei componenti è riciclabile, rendendo il pannello stesso una tecnologia sostenibile dal punto di vista ambientale.

I principali aspetti del funzionamento dei pannelli nei sistemi di domotica sono: ⁴⁹

Monitoraggio e Gestione dell'Energia: i pannelli solari, quando collegati a una piattaforma domotica, consentono di monitorare la produzione e il consumo di energia in tempo reale. La domotica gestisce automaticamente l'energia prodotta per alimentare elettrodomestici, luci e altri dispositivi, massimizzando l'autoconsumo e riducendo l'acquisto di energia dalla rete elettrica. Alcuni sistemi, tramite app, offrono agli utenti il controllo completo, permettendo loro di vedere quanta energia viene prodotta, consumata o immagazzinata in ogni momento.

Automazione Intelligente: la domotica permette di automatizzare l'uso dell'energia solare in base a determinati parametri, come l'ora del giorno, la produzione solare o le condizioni meteorologiche. Per esempio, in una giornata particolarmente soleggiata, il sistema domotico può decidere di avviare elettrodomestici ad alto consumo energetico (come lavastoviglie o lavatrici) proprio quando la produzione solare è al massimo, riducendo così i costi.

Integrazione con Sistemi di Accumulo e Rete: i pannelli solari collegati a batterie di accumulo permettono di immagazzinare energia prodotta durante il giorno per utilizzarla nelle ore serali o notturne, quando la produzione solare è assente. Questo sistema è spesso collegato anche alla rete elettrica, quindi in caso di scarsa produzione, la casa può ancora funzionare tramite energia di rete, sempre ottimizzata dalla domotica per ridurre i costi.

Ottimizzazione dei Consumatori: i sistemi di domotica possono distribuire in modo efficiente l'energia ai dispositivi in base alla priorità. Ad esempio, in caso di produzione

⁴⁹ <https://www.smartlife.nz/blog/the-intelligent-solar-home-10-ways-smart-home-automation-will-unleash-the-power-of-your-solar-array>

limitata o batteria quasi scarica, il sistema può dare la priorità ai dispositivi essenziali come il frigorifero, disabilitando quelli meno importanti. Questo consente un controllo efficiente dell'energia e riduce gli sprechi.

Integrazione con Sensori Ambientali: i sensori ambientali di luce e temperatura possono lavorare in sinergia con i pannelli solari e la domotica per ottimizzare ulteriormente il risparmio energetico. Ad esempio, i sensori possono decidere di abbassare le tende per evitare il surriscaldamento degli ambienti durante le ore di picco solare, migliorando l'efficienza di raffreddamento e limitando l'uso di condizionatori.

Le applicazioni dei pannelli solari sono in continua espansione grazie alla loro capacità di generare energia pulita e rinnovabile, contribuendo significativamente alla riduzione dell'impatto ambientale e delle emissioni di CO₂. L'energia prodotta è sfruttata non solo nelle abitazioni, ma anche nelle industrie, nei trasporti e per l'integrazione con dispositivi smart all'interno della domotica, dove l'energia solare è utilizzata per alimentare vari sistemi automatizzati, aumentando l'efficienza energetica generale. Le **batterie** sono un elemento che può rivelarsi utile in un contesto di fotovoltaico, esse permettono di accumulare l'energia prodotta dai pannelli e poterne usufruire nei momenti in cui il sole non irraggia i pannelli. È possibile scegliere il tipo di batteria d'accumulo da applicare al proprio impianto in base alla sua capacità. In questi casi gli esperti⁵⁰ consigliano di aspettare alcuni mesi prima di scegliere una batteria, perché le abitudini di consumo possono variare dopo aver installato un sistema fotovoltaico. In questo modo si può calcolare una media dell'energia generata, di quella consumata e di conseguenza capire quale potrebbe essere la capacità di immagazzinamento adatta per quel singolo caso.

Il costo delle batterie però non passa inosservato, ecco perché è necessario pensarci bene prima di scegliere un investimento come questo, solo per pochi kW si possono spendere migliaia di euro, in più col passare degli anni le prestazioni delle batterie calano e di conseguenza non hanno più il 100% di funzionalità. Per un ambiente domestico con dei consumi limitati, la scelta delle batterie potrebbe avere senso perché l'investimento non sarebbe molto elevato, ma in situazioni di abitazioni numerose e con consumi ben più

⁵⁰ https://www.mrkilowatt.it/sistemi-di-accumulo/costo-batterie-per-fotovoltaico/?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjA0MG5BhD1ARIsAEcZtwT8u30a9td-8QtIhtWycxZqee6YLakX-lP9GydvBmn2frsfme6i22kaAuitEALw_wcB

elevati per via di dispositivi o elettrodomestici a medio/alto consumo in quel caso servirebbero batterie molto capienti e quindi costi molto elevati. Lo stesso discorso vale in modo ancor più importante per attività economiche come quella del **Ctrl+Alt Museum di Pavia**, dove i consumi energetici sono ben più alti rispetto a una comune abitazione di città.

Soltanto gli ospedali e altri centri dove non si può avere delle situazioni di mancanza di energia, investono nelle batterie, ma anche in quel caso restano una soluzione di emergenza dove, comunque, vengono preferiti i generatori d'emergenza che sono alimentati a benzina.

Accumulo fotovoltaico: Prezzi Chiavi in Mano 2024

	a partire da	fino a
2,4 kWh	€ 1.210,00	€ 1.750,00
3 kWh	€ 1.530,00	€ 2.090,00
4,8 kWh	€ 2.470,00	€ 3.930,00
5 kWh	€ 2.530,00	€ 3.070,00
6 kWh	€ 3.100,00	€ 3.990,00
7,2 kWh	€ 5.390,00	€ 6.250,00
10 kWh	€ 6.530,00	€ 7.250,00
15 kWh	€ 6.820,00	€ 9.900,00

Dalla tabella ci si può fare una idea chiara di quelli che potrebbero essere i costi per l'applicazione di un sistema d'accumulo energetico, dove in più vanno aggiunti i costi di installazione distribuzione, trasporto, Iva e pratiche.⁵¹

Per comprendere quanta luce solare o, meglio, quante radiazioni UV colpiscono il tetto della struttura è stato montato un **sensore solare UV**. Un sensore UV solare è progettato per rilevare e misurare l'intensità della radiazione ultravioletta (UV) proveniente dalla luce solare. Questi sensori utilizzano tipicamente componenti a semiconduttore sensibili

⁵¹ https://www.mrkiowatt.it/sistemi-di-accumulo/costo-batterie-per-fotovoltaico/?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjA0MG5BhD1ARIsAEcZtwT8u30a9td-8QtIhtWycxZqee6YLakX-IP9GydvBmn2frsfme6i22kaAuitEALw_wcB

alla gamma UV, come fotodiodi e materiali fotosensibili, per convertire l'energia UV in segnali elettrici che variano in base alla quantità di radiazione ricevuta. Ciò consente ai sensori di calcolare l'indice UV e la potenza irradiata, fornendo dati in tempo reale sulla quantità di UV presente nell'ambiente. In applicazioni di monitoraggio solare, i sensori UV permettono di valutare l'esposizione solare e monitorare i livelli di UV per garantire la sicurezza e prevenire danni da esposizione eccessiva, ad esempio durante attività all'aperto o in settori come agricoltura e turismo.

Questi dispositivi trovano anche applicazioni in ambiti industriali e di ricerca, come la fotolitografia nella produzione di semiconduttori, dove è fondamentale garantire una corretta esposizione agli UV per la fabbricazione di circuiti integrati.

L'utilizzo di sensori solari UV nel campo della domotica è in aumento: permettono infatti di automatizzare schermature solari o impianti di climatizzazione in base all'intensità UV, ottimizzando così il comfort e il consumo energetico domestico. Anche se per un funzionamento ottimale, i sensori UV devono essere correttamente calibrati e schermati da fonti di luce visibile per evitare interferenze che potrebbero compromettere la precisione.⁵²

Poter misurare queste radiazioni permette di capire quanta energia si può generare anche in giornate nuvolose e poco soleggiate e di conseguenza valutare la scelta di applicare un impianto fotovoltaico di piccole, medie o grandi dimensioni. Durante i primi mesi caldi dopo l'installazione dei pannelli, al **Museum** si è verificato un problema legato alle temperature; quando i pannelli raggiungevano i 50 gradi °C, la produzione di energia calava drasticamente, allora per ovviare a questa situazione si è deciso di installare un piccolo impianto di nebulizzazione che potesse intervenire abbassando la temperatura del pannello e di conseguenza consentire una corretta o proficua produzione energetica.

Assieme ai sensori UV, sul tetto del **Museum** è presente una vera e propria **stazione metereologica**, essa è progettata per monitorare vari parametri atmosferici, utilizzando una gamma di sensori per rilevare condizioni come temperatura, umidità, pressione atmosferica, velocità e direzione del vento, pioggia e qualità dell'aria. Questi dati vengono raccolti da sensori specifici e poi inviati con onde radio ad una determinata frequenza

⁵² <https://your-physicist.com/how-ultraviolet-sensors-work/>

all'Hub centrale della casa, da quel punto è poi possibile comunicare all'hub tramite connessione wi-fi.

La stazione è alimentata ad energia solare e mantenuta da una batteria, questo permette di minimizzare l'uso di cavi sul tetto dell'edificio, diminuendo drasticamente il rischio di incidenti e corto circuiti.

Nella stazione è presente un rilevatore di vento, si tratta di una piccola pala eolica, essa è in grado di raccogliere informazioni sulla velocità del vento, calcolata in metri al secondo, sul "gust", ovvero la raffica di vento e sulla direzione. Come per tutti gli altri sensori, anche in questo caso i dati sono stati raccolti quotidianamente e quindi è stato possibile valutare uno storico di 2 anni e decidere che l'area di interesse dell'edificio, ovvero quella di Pavia, non incentiverebbe a investire su un sistema di produzione energetica per via eolica nel momento in cui i dati hanno dimostrato la scarsità di vento. Zone soggette a venti forti e costanti come quelle nei pressi del mare nelle regioni del sud Italia o nelle valli montane del Nord favoriscono la costruzione di impianti eolici. Gli impianti domestici sono detti di "microeolico" e ovviamente hanno capacità produttive molto più limitate rispetto ai grandi impianti visibili nei paesaggi di mare o montagna. Possono produrre fino a 1 kW di potenza e alimentare una piccola quantità di dispositivi a basso consumo come alcune lampadine e ricariche di cellulari o PC.⁵³

4.4. Gli scenari tecnologici al Museum

È importante prevedere gli scenari, anche se comuni, che si possono verificare quotidianamente in un ambiente domestico o di lavoro. Ecco perché tramite degli algoritmi il sistema centrale del Museum, attraverso l'Interfaccia della consapevolezza, è stato istruito ad agire a seconda dei dati che riceve in ingresso in tempo reale. I fattori che possono incidere sono quelli legati alla pioggia, umidità, temperatura, sostanze inquinanti nell'aria o polveri, ecco di seguito alcuni scenari che sono stati sviluppati:

Scenario di regolazione climatica automatica per comfort e salute

In un ambiente domotico avanzato, il sistema di regolazione climatica funziona grazie a una rete di sensori che monitora costantemente parametri cruciali come la temperatura,

⁵³ <https://www.regione.toscana.it/-/la-tecnologia-eolica-il-mini-eolico-il-micro-eolico-l-eolico-off-shore#:~:text=Un%20generatore%20eolico%20sia%20ad,12%2D14%20m%2Fs>

l'umidità e la qualità dell'aria interna. I sensori sono posizionati strategicamente in tutta la casa per rilevare in tempo reale i livelli di CO₂, VOC (composti organici volatili), polveri e altre particelle nocive. Questo sistema è particolarmente vantaggioso poiché può adattarsi a cambiamenti rapidi nell'aria interna, che possono verificarsi a seguito di attività come la cottura, l'utilizzo di prodotti per la pulizia o la presenza di più persone in una stanza.

Quando i sensori rilevano un aumento dei livelli di inquinamento dell'aria interna al **Museum** oltre le soglie impostate, il sistema intelligente attiva automaticamente la ventilazione. Inoltre, possono aprirsi le finestre motorizzate o, in alternativa, attivarsi i filtri dell'aria per assicurare un corretto ricambio e migliorare la salubrità dell'ambiente. Questo tipo di regolazione permette di evitare accumuli di particelle potenzialmente dannose senza intervento umano, offrendo un ambiente più sano e meno soggetto a problemi respiratori per gli abitanti.

- **Esempio pratico di controllo vocale:** l'utente potrebbe semplicemente dire "Migliora la qualità dell'aria in soggiorno" e il sistema, attraverso l'uso di assistenti vocali come Alexa o Google Home, potrebbe immediatamente rispondere regolando le finestre o attivando i filtri per purificare l'ambiente.
- **Vantaggi principali:** questo approccio automatico riduce l'impegno da parte dell'utente, poiché il sistema risponde autonomamente ai cambiamenti ambientali, specialmente in momenti in cui il livello di CO₂ aumenta, ad esempio durante una festa o una cena con ospiti. Il sistema si adatta alle variazioni, migliorando il comfort e preservando la qualità dell'aria senza necessità di interventi manuali.

Scenario di risparmio energetico con sensori esterni e interni

Il risparmio energetico è una delle priorità della domotica moderna. Questo scenario, che è tra quelli implementati al **Museum**, prevede l'uso combinato di sensori interni ed esterni per monitorare condizioni come la temperatura e l'umidità sia all'interno che all'esterno della casa. Il sistema domotico può, ad esempio, rilevare quando la temperatura esterna è più bassa rispetto a quella interna e decidere di aprire automaticamente le finestre per rinfrescare l'ambiente senza ricorrere all'aria condizionata, risparmiando energia.

Durante le ore notturne, se la temperatura esterna cala, il sistema può chiudere automaticamente le finestre per trattenere il calore, mentre al mattino, se la temperatura esterna è ancora fresca, aprirà le finestre per ventilare gli ambienti prima che il sole inizi a scaldare. Tutto questo viene fatto senza necessità di controllo manuale, grazie alla capacità dei sensori di reagire ai cambiamenti ambientali esterni e interni, ottimizzando l'uso del riscaldamento o dell'aria condizionata e riducendo così i costi energetici.

- **Esempio di automazione:** la sera, se la temperatura esterna si abbassa, il sistema chiude le finestre per mantenere il calore all'interno. La mattina presto, se l'aria esterna è ancora fresca, il sistema apre le finestre per approfittare del fresco naturale prima che la temperatura si alzi.
- **Vantaggi principali:** questo sistema riduce il consumo energetico legato alla climatizzazione della casa, consentendo di risparmiare sui costi energetici e di ridurre l'impatto ambientale complessivo.

Scenario di Ottimizzazione della Qualità dell'Aria con Filtri e Ventilazione Intelligente

In aree particolarmente inquinate o in casa con persone allergiche, mantenere una qualità dell'aria ottimale diventa essenziale. I sensori di CO₂, umidità e VOC monitorano costantemente la qualità dell'aria. Quando i livelli di inquinamento superano la soglia ottimale, il sistema domotico attiva filtri specifici per purificare l'aria e, se la qualità non migliora, può anche aprire le finestre per favorire un ricambio. Questo approccio, anch'esso applicato al **Museum**, risulta particolarmente vantaggioso in abitazioni situate in città o zone con traffico intenso, dove è importante scegliere se aprire le finestre o filtrare l'aria interna.

- **Notifica vocale automatica:** il sistema può avvisare gli abitanti con un messaggio vocale come "La qualità dell'aria in cucina non è ottimale" e suggerire di attivare la ventilazione, offrendo al tempo stesso un livello di consapevolezza aggiuntivo sull'ambiente domestico.
- **Vantaggi principali:** oltre a migliorare il comfort, questo scenario contribuisce a ridurre l'esposizione a polveri sottili e VOC, beneficiando soprattutto soggetti con allergie o problemi respiratori.

Scenario di Risposta alle Condizioni Meteorologiche e di Umidità

Questo scenario sfrutta le informazioni meteorologiche e sensori di umidità per regolare automaticamente i livelli di umidità interna e prevenire danni causati da variazioni eccessive.

L'umidità elevata e persistente negli ambienti domestici può portare a effetti negativi che vanno ben oltre il semplice fastidio, impattando la struttura della casa, la salute delle persone e il benessere psicofisico di chi vi abita. Le stanze come bagno, cucina e cantina sono particolarmente soggette ai danni da umidità perché tendono a essere meno ventilate e a presentare maggiori fonti di vapore, come docce, lavaggi e cottura di cibi. L'umidità in eccesso può favorire la proliferazione di muffa e la formazione di condensa, che a lungo andare può rovinare le pareti e i mobili. La condensa si accumula spesso su superfici fredde, come le finestre, formando gocce d'acqua che possono infiltrarsi nei telai, generando muffa tra il telaio e la parete e danneggiando così sia la struttura della finestra sia il muro circostante, gli spazi più piccoli e chiusi come armadietti e cassette sono particolarmente a rischio: l'umidità può compromettere la qualità degli alimenti e degli oggetti conservati, facilitando la comparsa di muffe che si attaccano a superfici organiche, come legno e tessuti.

L'umidità elevata è un terreno fertile per la crescita di muffe, spore e acari della polvere. Questi microrganismi possono avere un impatto significativo sulla salute delle persone, soprattutto per chi è più vulnerabile, come anziani, bambini o individui con allergie o patologie respiratorie. La presenza di muffa negli ambienti può causare sintomi come irritazioni cutanee, tosse, starnuti, congestione nasale e, nei casi più gravi, problemi respiratori cronici. Gli acari della polvere, attratti dagli ambienti umidi, peggiorano ulteriormente le allergie, rendendo difficile mantenere un'aria pulita e salubre. La percezione della temperatura è fortemente influenzata dal livello di umidità. Quando l'aria è molto umida, il nostro corpo ha difficoltà a regolare la propria temperatura, e ciò può farci percepire il caldo o il freddo in modo più intenso rispetto alla reale temperatura. L'umidità impedisce la corretta evaporazione del sudore, causando una sensazione di calore opprimente anche a temperature moderate. Al contrario, in inverno, un'alta umidità può far percepire l'ambiente come più freddo, inducendo a riscaldare eccessivamente gli ambienti e aumentando così i consumi energetici.

Infine, vivere in un ambiente umido può influire negativamente anche sulla salute mentale. Studi hanno dimostrato che un eccesso di umidità e l'esposizione a muffa possono contribuire a sintomi di ansia e depressione, soprattutto in persone già predisposte a disturbi dell'umore

- **Controllo vocale per regolazione dell'umidità:** l'utente può chiedere "Regola l'umidità in salotto" e il sistema, in base ai dati meteorologici esterni, attiverà il deumidificatore o aprirà le finestre per raggiungere il livello ottimale.
- **Vantaggi principali:** aiuta a prevenire la formazione di muffe e condense, garantendo un ambiente domestico più sano.

Scenario di Casa Intelligente con Routine Personalizzate e Controllo Vocale Avanzato

Infine, la personalizzazione è al centro di questo scenario, in cui l'utente crea routine personalizzate secondo le proprie preferenze. Ad esempio, una routine mattutina può includere l'apertura delle finestre per una ventilazione rapida, la regolazione della temperatura e dell'umidità per preparare l'ambiente all'attività della giornata. Il ricambio d'aria al mattino è essenziale per mantenere un ambiente domestico salubre e confortevole. Durante la notte, le finestre e le porte chiuse limitano l'afflusso d'aria fresca, mentre gli abitanti producono umidità e CO₂ attraverso la respirazione. Questa situazione può causare un accumulo di umidità e inquinanti interni, come la formaldeide e i composti organici volatili (VOC), rilasciati dai mobili, prodotti per la pulizia, e altri materiali domestici. Quindi l'apertura delle finestre al mattino consente di:

- **Ridurre l'umidità interna aumenta,** specialmente in stanze come il bagno e la cucina. Un'elevata umidità può favorire la proliferazione di muffe e batteri, che sono dannosi per la salute respiratoria. Cambiare l'aria al mattino aiuta a eliminare questa umidità accumulata.
- **Far fuoriuscire l'anidride carbonica e rinfrescare l'ossigeno:** il ricambio d'aria permette di ridurre il livello di CO₂, che tende a salire negli ambienti chiusi e affollati. L'aria fresca del mattino ha un contenuto di ossigeno più elevato e aiuta a risvegliare corpo e mente, favorendo una maggiore energia e concentrazione.
- **Migliore la qualità dell'aria e il benessere:** la ventilazione mattutina riduce l'accumulo di inquinanti interni, migliorando il benessere fisico e psicologico

degli abitanti. L'aria stagnante può aumentare i sintomi allergici e ridurre il comfort, mentre l'aria fresca porta benefici a livello di umore e produttività.

- **Regolare la temperatura in modo naturale:** se la temperatura esterna è piacevole, l'aria fresca può anche raffreddare naturalmente gli ambienti interni, riducendo la necessità di ventilatori o condizionatori. Ciò comporta un risparmio energetico e riduce l'impatto ambientale della casa.

Il ricambio d'aria mattutino migliora la qualità dell'aria e la salute degli abitanti, ma contribuisce anche a un ambiente domestico più fresco, salubre e sostenibile.

- **Esempio di comando vocale personalizzato:** “attiva la routine mattutina” fa sì che il sistema apra le finestre, regoli il termostato e ottimizzi l'umidità per creare un ambiente confortevole e pronto per la giornata.
- **Vantaggi principali:** queste routine rendono la gestione domestica semplice e personalizzabile, ottimizzando le condizioni ambientali in base alle esigenze quotidiane degli utenti e riducendo automaticamente il consumo energetico.

Fra gli altri sensori che concorrono a rendere completa la somma ed analisi di rilevazioni interne ed esterne all'edificio, ci sono i sensori di allagamento e i sensori magnetici per il controllo delle aperture delle finestre.

I sensori di allagamento utilizzati nella domotica sono dispositivi progettati per rilevare perdite d'acqua e prevenire danni dovuti ad allagamenti. Funzionano sfruttando sonde che rilevano la presenza di acqua in aree specifiche, come il pavimento, vicino a elettrodomestici o tubature. Una volta rilevata l'acqua, il sensore invia un segnale al sistema domotico o a una app collegata per avvisare l'utente tramite notifiche o allarmi.

Questi sensori possono essere cablati o wireless e integrarsi in sistemi domotici combinando rilevazione di acqua, monitoraggio della temperatura e funzioni antimanomissione, è ideale per automazioni avanzate. Può anche essere impostato per interrompere automaticamente l'alimentazione idrica in caso di emergenza, evitando ulteriori danni. L'installazione è semplice: il sensore viene posizionato vicino a possibili fonti di perdite, come lavatrici o caldaie. Modelli più avanzati includono anche funzionalità di monitoraggio della temperatura per segnalare rischi di congelamento delle tubature. Questi dispositivi migliorano la sicurezza domestica e rappresentano una parte

essenziale di un sistema domotico moderno, aiutando a prevenire incidenti domestici in modo efficace.⁵⁴

I contatti magnetici invece, sono dispositivi costituiti da magneti, fissabili mediante nastro biadesivo o con un montaggio permanente tramite viti e bulloni, integrandoli direttamente al telaio dell'infisso. Questi dispositivi rappresentano una delle principali soluzioni per la protezione perimetrale della casa. Il sistema si attiva quando le due parti del magnete si separano, ad esempio durante l'apertura di una porta o finestra. I contatti magnetici sfruttano il principio fisico dell'attrazione tra poli magnetici. Il sensore è composto da due parti, ciascuna con lamine di materiale ferromagnetico, che generano un piccolo campo magnetico. Quando il campo magnetico viene interrotto, si verifica un corto circuito che invia un segnale alla centrale e attiva l'allarme. Questo tipo di sensori rappresenta una soluzione efficace e versatile per aumentare la sicurezza degli ambienti domestici.⁵⁵

4.5. I costi da affrontare

Il **Ctrl+Alt Museum** gestito da Beppe Leone, nato in un contesto associativo, no profit e gestito da volontari, ha trovato con la società Coherency, il cui CEO è Alessio Scipione, un accordo per finanziare tutta la parte strutturale che gira attorno all'Interfaccia della Consapevolezza. In questo modo Coherency, che si occupa di prototipazione industriale, ha realizzato tutto quanto necessario a gestire e garantire l'efficientamento energetico, assumendosi l'onere degli investimenti, utilizzando in cambio il **Museum** come Demo Center e Lab di prestigio e diventandone il Main Sponsor. Vediamo come.

La scelta di applicare sensori e dispositivi di domotica ha coinvolto a 360 gradi gli ambienti interni ed esterni dell'edificio.

I costi che verranno riportati di seguito sono stati valutati per difetto, ma permettono di dare una stima più che indicativa di ciò che è stato fatto per portare il **Museum** ad un livello superiore per comfort e risparmio energetico.

⁵⁴ <https://www.knx.org/knx-it/newsroom/news/news/20240118-Rilevatori-intelligenti-di-allagamenti-cosa-c-e-da-sapere/>

⁵⁵ [Contatti magnetici per porte e finestre: cosa sono, come funzionano, come installarli](#)

Il totale delle installazioni ammonta ad una cifra vicina ai 25.000 euro, suddivisa nelle varie spese dedicate a ogni sezione di domotica, tra cui 5000 euro per gli apparati di rete, circa 3.000 euro di attuatori o Shelly (ben 158) che si è visto permettono di accendere o spegnere le prese elettriche a cui sono associati. Circa 4000 euro sono stati spesi per i motori per l'apertura e chiusura delle finestre e per tutti i vari meccanismi che li riguardano. I numerosissimi sensori presenti hanno richiesto una spesa di circa 3000 euro, questo però ha permesso di avere sotto controllo i parametri ambientali ogni centimetro del **Museum**, fra questi sono presenti i sensori di rilevazione della temperatura e dell'umidità sia negli spazi esterni che interni, della qualità dell'aria come VOC, PM 2.5, PM 10 e CO2. Per il controllo dei consumi idrici sono stati applicati i sensori di controllo del flusso d'acqua, e per intervenire in caso di allagamento sono stati applicati i sensori adatti; anche i sensori di fumo sono stati applicati per poter ricevere un segnale di pericolo nel momento in cui ce ne fosse bisogno. All'esterno della struttura del **Museum** è possibile trovare i sensori di vento, di rilevazione delle radiazioni solari e quelli di pioggia, tutti sono sistemati nella piccola stazione metereologica sul tetto e inviano dati 24 ore su 24 al sistema centrale. Ancora all'interno vanno ricordati i sensori magnetici di apertura e chiusura delle porte e finestre.

Vanno anche considerati 5000 euro per l'acquisto e applicazione dei gruppi di continuità operativa elettrica (UPS). Si tratta di dispositivi essenziali per garantire alimentazione continua e stabile ai dispositivi elettronici, proteggendoli da blackout e sbalzi di tensione. Oltre a prolungare la vita operativa degli strumenti, migliorano l'efficienza energetica delle applicazioni.⁵⁶

Esistono tre principali tipologie di UPS:

- **UPS Online:** offrono la massima affidabilità grazie alla doppia conversione, che elimina completamente variazioni di tensione e picchi di corrente. Sono ideali per apparecchiature critiche come server e data center, ma sono costosi e più adatti a contesti aziendali.

⁵⁶ [Quali sono le migliori tipologie di gruppi di continuità UPS?](#)

- **UPS Linea Interattiva:** Soluzione intermedia con un buon rapporto qualità-prezzo. Proteggono da sbalzi di tensione e offrono velocità di commutazione più rapida rispetto agli UPS offline. Sono adatti per uffici e PMI.
- **UPS Offline:** la scelta più economica, ideale per utilizzi domestici e piccoli uffici. Offrono protezione di base, ma hanno capacità limitate nella regolazione della tensione.

Ovviamente va tenuto a mente che la manutenzione e il monitoraggio regolari sono fondamentali per garantire la massima efficienza e affidabilità del sistema

Il discorso sicurezza non è passato inosservato; il **Museum** ha deciso con lo sponsor Coherency di stanziare 5000 euro per l'installazione di telecamere di vario tipo e in diverse posizioni.

All'esterno è stato creato un circuito di telecamere ad alta risoluzione in grado di riconoscere le targhe e i movimenti, ma anche controllare il traffico nell'angolo di inquadratura disponibile. Per quanto riguarda gli ambienti interni, sono state scelte telecamere in funzione 24 ore in grado anch'esse di rilevare movimenti e dare un segnale d'allarme. Questa scelta permette di avere il controllo costante di ciò che accade internamente ed esternamente all'edificio; la possibilità di accedere alle registrazioni in diretta e a quelle delle ore e giorni precedenti consente di verificare se ci sono state effrazioni o altri inconvenienti senza dover essere per forza presenti sul luogo. In un ambiente domestico, l'utilità delle telecamere interne può riguardare anche la sorveglianza di bambini, animali domestici, ma anche anziani o persone con disabilità, assicurandosi che siano al sicuro. Le telecamere svolgono anche un lavoro di deterrenza, soltanto la loro presenza è in grado nella maggior parte dei casi, di scoraggiare un tentativo di furto o intrusione.

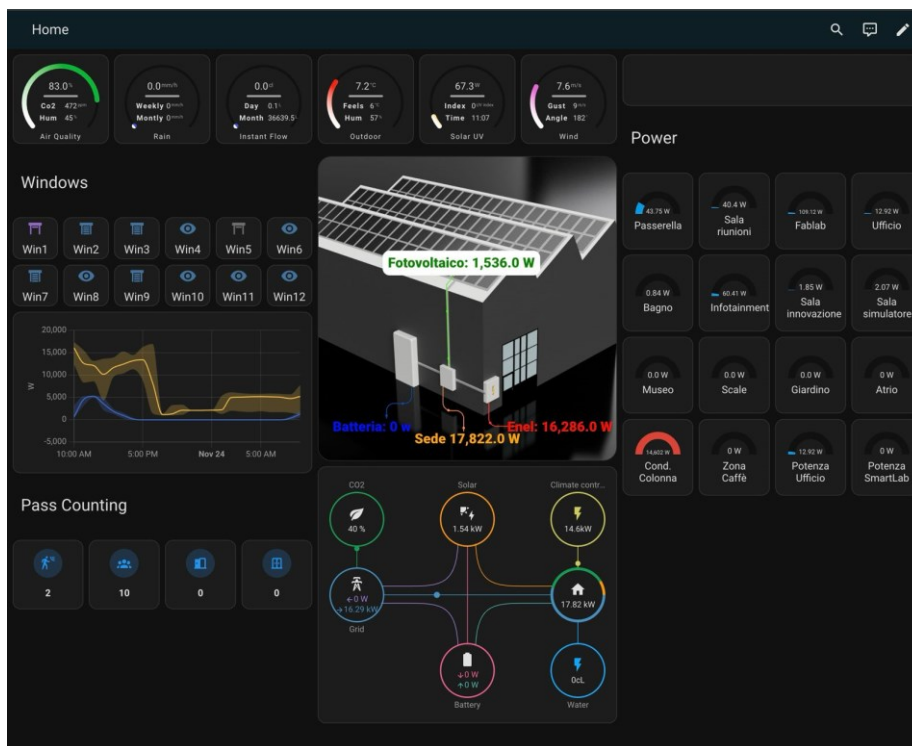
Infine, sono da tenere in considerazione le spese effettuate per l'impianto fotovoltaico sul tetto, che è l'investimento più significativo: si tratta 45.000 euro per 30 kWatt per acquisto e montaggio. Per 30 kW. Per un secondo padiglione in fase di apertura, sono stati stanziati con lo sponsor Coherency 35.000 euro, questo anche per far capire a distanza di due anni il calo dei costi di mercati.

Queste sono state le spese del **Museum** per avere una sede di prestigio che possa essere usata anche da sponsor e partner che ne contribuiscono alla sopravvivenza e alla crescita, ricavandone in cambio disponibilità di uffici e di un luogo prestigioso dove far vedere i loro prototipi anche a grandi clienti, con un tipico approccio ecosistemico di reciproco vantaggio. In ambito domestico, è necessario prima di tutto mettere in chiaro quali obiettivi si vogliono raggiungere in termini di comfort, risparmio energetico e risparmio economico. Ogni persona o nucleo familiare può scegliere una serie di sistemi e sensori che permettano di adeguarsi al meglio ai loro bisogni e richieste, si può raggiungere un livello in grado di includere le tre categorie citate sopra anche installando una serie limitata di dispositivi ma adottando comportamenti più accorti.

4.6. L'interfaccia della consapevolezza

Il centro operativo di raccolta, elaborazione ed esposizione dei dati del **Museum** è il vero cuore pulsante dell'intero progetto. L'interfaccia del sistema corrisponde alla vera Interfaccia della consapevolezza, idea descritta in questa tesi, nel tentativo nobile di ridurre gli sprechi energetici contribuendo in modo diretto a migliorare l'ambiente che ci circonda, ma allo stesso tempo, tenendo a mente del periodo storico in cui viviamo, minimizzare per quanto possibile i costi delle bollette relativi ai consumi domestici, sia elettrici che idrici e di gas. Ogni sensore invia dati costantemente al sistema, che tramite un algoritmo preimpostato che segue ragionamenti di logica, li elabora e fornisce una serie di output, che possono essere segnali, avvisi, consigli o vere e proprie azioni.

Nel capitolo 4.4 sono stati mostrati solo alcuni dei possibili scenari che possono accadere in un ambiente interno, ma solo grazie alla qualità e alla costanza dei dati in ingresso, il computer può gestire al meglio la situazione e svolgere nel migliore dei modi il suo compito.



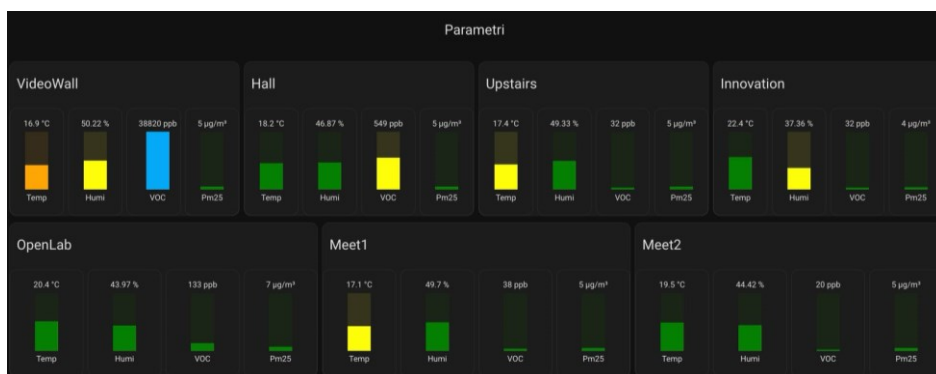
La **home** dell'interfaccia fornisce in modo chiaro ma dettagliato la situazione generale in tempo reale. In primis vengono mostrati i dati in live relativi alla qualità dell'aria interna, pioggia, vento, temperatura, umidità e radiazione UV, che, se dovessero superare certe soglie preimpostate il sistema aviserebbe l'utente o agirebbe per contrastare la problematica.

Lo **schema centrale** è molto interessante, permette di vedere la quantità di energia che viene prodotta dai pannelli fotovoltaici in un determinato istante e allo stesso tempo quanta energia stanno consumando i dispositivi in funzione e quanta invece viene prelevata dalla rete elettrica a pagamento oppure se dell'energia viene immagazzinata nelle batterie. Logicamente durante della giornata ci sono dei vari picchi, sia per quanto riguardano i consumi, sia per la produzione, lo stesso discorso vale per i diversi periodi dell'anno, che chiaramente permettono una maggiore o minore produzione di energia in base alla potenza e costanza dei raggi UV del sole.

Ogni area dell'edificio è delineata e ha un **nome proprio**, per esempio: la “passerella” a cui fanno riferimento tutte le luce al led installate su quel percorso, l’“ufficio” con tutti i suoi dispositivi, come i PC che possono essere in funzione oppure spenti e di conseguenza possono alterare l'indicazione sui Watt utilizzati da quella stanza.



La **qualità dell'aria** si è visto essere un tema di valore all'interno del **Museum**; infatti, le sue installazioni per controllarlo sono state fra le prime ad essere state applicate. Ogni parametro viene registrato e viene anche fornita una breve descrizione per ognuno di essi, questo risulta molto utile per gli incontri didattici con le scuole, dove spesso accade che gli studenti per la prima volta sentono parlare di PM 2.5 o di TVOC in quanto particelle dannose per l'uomo, specialmente se presenti in alte concentrazioni.

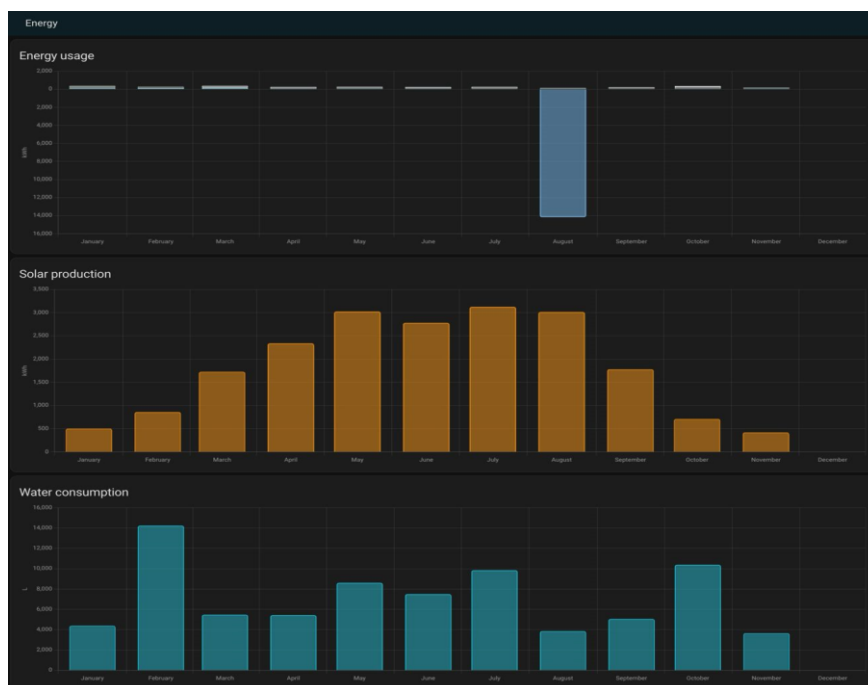


Ogni area dell'edificio rileva e fornisce i dati, grazie all'immagine e alla sua interfaccia è molto semplice e intuitivo capire dove e perché la situazione potrebbe risultare critica o non ottimale.



È interessante vedere anche come durante la giornata possano cambiare le dinamiche ambientali, ad esempio in corrispondenza dei **picchi massimi** di CO2 e temperature potrebbero indicare una maggiore presenza di persone e l'accensione dei riscaldamenti. **L'abbassamento di umidità** potrebbe essere dovuto all'accensione del sistema di deumidificazione per migliorare il comfort delle persone all'interno.

Prendendo in considerazione un **anno intero**, si può notare come il **flow dei consumi** possa variare di mese in mese. Per esempio, il mese di agosto risulta essere di gran lunga il più energivoro, sicuramente dovuto a un necessario utilizzo dei sistemi di climatizzazione per molte ore ogni giorno, ma allo stesso tempo è il periodo dell'anno dove le radiazioni del sole permettono di generare maggiori quantitativi di energia solare, andando ad arginare quelli che sarebbero ingenti aumenti di costi sulla bolletta della luce.



Logicamente i mesi estivi permettono una produzione energetica maggiore a discapito dei mesi più freddi, che però comunque contribuiscono ad abbassare le spese nel momento in cui sono i dispositivi e le luci accese a coprire la maggior parte dei consumi.

L'interfaccia mostra anche quello che è **l'impatto sull'ambiente** con la statistica "low-carbon", precisamente nel 2024 sono stati risparmiati 8,404 kWh. Questa energia non è



stata prelevata dalla rete a pagamento, di conseguenza non stato necessario produrla dagli impianti di generazione del Paese, riducendo nel proprio piccolo l'inquinamento.

Anche il totale di litri d'acqua consumati viene conteggiato, è quindi possibile andare a verificare se di anno in anno questi consumi sono aumentati o diminuiti e in che modo possono essere evitati degli sprechi, che spesso sono dovuti a comportamenti poco rispettosi delle risorse limitate come l'acqua.

Dall'immagine si vede anche il totale di kWh prelevati dalla rete elettrica e quelli totali che sono serviti alle necessità del **Museum**.

4.7. **L'idea della didattica e dell'educazione al risparmio energetico**

Col passare del tempo, è sorta la possibilità di **divulgare questa idea di efficienza e sostenibilità** a chi un domani ne sarà direttamente coinvolto, ovvero i bambini e i ragazzi di oggi. Il **Ctrl+Alt Museum** è diventato tappa fissa per le scuole pavese, ma anche provenienti da Milano, Varese, Gravellona Toce, Verbania e molti altri centri non solo lombardi, in particolare per gli studenti dalle elementari alle medie. Nonostante le barriere legate ai tecnicismi tecnologici della domotica, gli alunni riescono ad interessarsi molto all'argomento anche grazie al coinvolgimento interattivo offerto dalla struttura. Per i più piccoli ciò che cattura principalmente il loro interesse è la possibilità di poter modificare le luci a led installate scegliendo fra una varietà enorme di colori e intensità luminose. Per i più grandi, molte altre attività del **Museum** catturano la loro curiosità, sicuramente le modalità di controllo a distanza di prese e dispositivi è una di quelle. Alcuni di loro conoscono già dispositivi come Amazon Alexa proprio perché già li hanno a casa e si immaginano ciò che potrebbero fare per rendere la vita più comoda per i loro genitori e nonni grazie alle nozioni e spunti appresi al **Museum**.

Per poter rendere le visite delle scuole ancora più interessanti e di impatto, lo staff ha intenzione di creare degli oggetti di varie misure e peso che possano simulare le quantità

di CO2 che servono per produrre un determinato oggetto o per fornire energia a uno specifico dispositivo. Questa scelta di mostrare una quantificazione degli sprechi risulterebbe molto più di impatto che mostrare dei semplici dati; un esempio potrebbe essere mostrare un cubo nero di 6 kg che rappresenta la quantità di CO2 emessa per creare 1 kg di plastica. Ovviamente questo tipo attività può essere svolto per qualsiasi dispositivo di consumo energetico domestico traducendo i Watt consumati in CO2 necessari per generarli.

La scelta di rendere il Museum un luogo didattico per quella determinata fascia d'età è stata dovuta a diversi fattori.

I giovani mostrano **un forte impegno verso il consumo sostenibile**, orientandosi sempre di più verso scelte consapevoli in diversi ambiti, come alimentazione, moda, viaggi e tecnologie per l'efficienza energetica. Secondo uno studio del Credit Suisse Research Institute (CSRI) su 10.000 giovani a partire da 16 anni in dieci paesi, l'interesse per la sostenibilità è ben radicato, con la maggior parte dei giovani (dal 65% al 90%) che si dichiara seriamente preoccupata per l'ambiente. Tuttavia, meno del 30% ritiene che gli obiettivi di lungo termine per il cambiamento climatico saranno raggiunti.⁵⁷

Questo studio rivela anche che circa il 75% degli intervistati intende adottare uno stile di vita più sostenibile, e il 25% è determinato a influenzare le persone a loro vicine a fare altrettanto. Le nuove generazioni si mostrano pronte a investire di più in prodotti e tecnologie ecologiche come l'energia solare, l'isolamento termico per le abitazioni e i veicoli elettrici, dimostrando un forte interesse a ridurre il proprio impatto ambientale. A livello alimentare, molti giovani stanno modificando la propria dieta per diminuire il consumo di carne e prodotti di fast food, favorendo alternative a base vegetale. Anche le scelte di consumo nel settore della moda riflettono la crescente sensibilità ambientale tra i giovani: più del 40% percepisce l'industria della moda come insostenibile e intende ridurre l'acquisto di prodotti di fast fashion e di marchi di lusso. Nelle decisioni di mobilità, il 63% degli intervistati pianifica l'acquisto di veicoli elettrici o ibridi, una preferenza particolarmente diffusa tra i giovani dei mercati emergenti, laureati e nella fascia d'età compresa tra i 25 e i 30 anni.

⁵⁷ <https://www.foodandtec.com/n/i-giovani-sono-sempre-piu-orientati-verso-consumi-sostenibili>

Emerge inoltre la convinzione che l'educazione dei consumatori sui costi ambientali dei prodotti e servizi sia essenziale per creare un futuro più sostenibile. Infine, il report evidenzia una tendenza sorprendente: i Millennial dimostrano una maggiore coerenza verso l'agenda sostenibile rispetto alla Generazione Z, e i giovani dei mercati emergenti sono in generale più attenti alle tematiche ecologiche rispetto ai loro coetanei dei paesi sviluppati, secondo Eugène Klerk, responsabile Global ESG & Thematic Research di Credit Suisse.

Se le nuove generazioni intervistate si stanno orientando verso una scelta di vita più ecosostenibile, è possibile immaginare che anche quelli che adesso sono studenti delle scuole primarie, fra pochi anni potranno essere portavoce e promotori di questo ideale, andando ad aumentare sempre di più le percentuali di chi avrà intenzione di fare investimenti per una impronta più green rispetto ai propri predecessori.

Di certo un limite per loro potrà essere il costo di alcuni investimenti per (in questo caso) un sistema di domotica che permetta loro di minimizzare gli sprechi, anche se i costi sono destinati a scendere sempre di più; quindi, sarà necessario anche dimostrare che oltre ad un guadagno in termini ambientali, questa scelta porterà anche un guadagno economico netto nel lungo termine, ed è proprio qui che mette radice la consapevolezza, che con l'aiuto di una interfaccia e un sistema adeguato può fare la differenza sia non solo in piccolo per una famiglia ma in grande per tutto il pianeta.

4.8. Esempi di consumi

Una idea che vorrebbe sviluppare il **Museum** è quella di portare degli esempi reali di consumi comuni domestici, questo permetterà ai visitatori di poter toccare con mano quali e quante sono le sostanze inquinanti che si generano anche solo svolgendo azioni di natura comune.

Per esempio, le **e-mail**, sebbene ogni singolo messaggio mail contribuisca solo minimamente alle emissioni (19 grammi), l'impatto globale diventa significativo. Stando ai dati dell'agenzia francese Ademe, l'invio di una singola e-mail da 1 Megabyte comporta un'emissione di circa 19 grammi di CO₂. Questo valore rappresenta la somma dell'energia consumata sia dal computer del mittente sia dai server che gestiscono il flusso della posta elettronica nel traffico digitale. Per rendere più chiara la portata di questo

impatto, Ademe ha fornito un esempio concreto: un'azienda composta da 100 dipendenti, ognuno dei quali invia mediamente 33 e-mail al giorno. Su una base di 220 giorni lavorativi all'anno, il totale delle e-mail di tale azienda genererebbe circa 13,6 tonnellate di CO₂, equivalenti alle emissioni prodotte da 13 voli andata e ritorno tra Parigi e New York. Dati impressionanti, soprattutto se confrontati con il volume globale di traffico e-mail: secondo gli analisti di Radicati Group, ogni giorno vengono scambiate oltre 190 miliardi di e-mail. In definitiva, anche la posta elettronica, sebbene virtuale, contribuisce in modo significativo all'inquinamento ambientale.⁵⁸

Anche i **computer** hanno dei consumi non irrilevanti; per comprendere meglio l'impatto energetico di un computer, è utile analizzarne i consumi effettivi. In media, un PC desktop consuma tra i 65 e i 250 W all'ora durante il normale utilizzo, con il monitor che rappresenta una delle principali fonti di consumo, oscillando tra i 15 e i 70 W all'ora. Un altro componente che influisce notevolmente è la scheda video, soprattutto nei modelli progettati per il gaming, che possono arrivare a consumare fino a 250 W all'ora.

Considerando un uso tipico, un PC fisso consuma circa 0,3 kWh all'ora. Pertanto, chi lavora 8 ore al giorno davanti al computer può arrivare a consumare circa 2,4 kWh al termine della giornata lavorativa. Al contrario, i laptop, grazie alla loro progettazione più efficiente, consumano molto meno: in media 60 W all'ora, il che si traduce in circa 0,48 kWh per 8 ore di utilizzo quotidiano.

Anche quando un computer non è in uso ma rimane collegato alla rete elettrica, continua a consumare energia, soprattutto in modalità sospensione. Un PC in standby consuma tra 1,5 e 5,5 W all'ora. Sebbene questi valori siano relativamente bassi, considerando che la modalità sospensione potrebbe rimanere attiva per circa 16 ore al giorno, il consumo giornaliero si aggira tra 24 e 88 W. Su base mensile, questo equivale a un consumo tra 0,72 e 2,64 kWh, che possono diventare circa 30 kWh all'anno.

Per un portatile, il consumo in standby è generalmente inferiore, attestandosi attorno ai 3 W all'ora. Ciò si traduce in un consumo di circa 0,048 kWh al giorno, 1,44 kWh al mese e 17,3 kWh all'anno. Un **utilizzo consapevole del computer**, che includa la scelta tra sospensione e spegnimento in base alle esigenze e l'adozione di comportamenti virtuosi,

⁵⁸ [Le e-mail inquinano: l'impatto ambientale della nostra posta elettronica - Green.it](#)

può contribuire in modo significativo alla riduzione dei consumi energetici e dell'impatto ambientale. Sia per chi utilizza un PC fisso che un portatile, una gestione efficiente rappresenta un'opportunità concreta per risparmiare energia, ridurre i costi in bolletta e diminuire le emissioni di CO₂.⁵⁹

L'uso dei **condizionatori** d'aria ha un impatto significativo sull'ambiente, in particolare a causa del consumo di energia elettrica e delle emissioni di CO₂ associate. In media, un condizionatore da 1 kilowatt (kW) acceso per un'ora può produrre tra 0,4 e 0,7 kg di CO₂, dipendendo dal mix energetico del paese (ovvero la combinazione di fonti energetiche fossili e rinnovabili). In Italia, dove le fonti fossili hanno ancora un peso rilevante nella produzione elettrica, questa media di emissioni può facilmente raggiungere 0,5 kg di CO₂ per ora di funzionamento. Durante i mesi estivi, il raffreddamento ambientale comporta un aumento delle emissioni di CO₂ a livello globale. Nei giorni particolarmente caldi, quando la richiesta di energia aumenta, viene attivato anche il funzionamento di centrali di riserva, che spesso sono più inquinanti. Inoltre, alcuni gas refrigeranti utilizzati nei condizionatori, come gli idrofluorocarburi (HFC), hanno un potenziale di riscaldamento globale elevato, aggiungendo un ulteriore impatto negativo, anche se oggi si stanno cercando alternative più ecologiche per ridurre l'uso e i danni ambientali. Per quanto riguarda i costi legati all'uso dei condizionatori, dipende da vari fattori, tra cui potenza, classe energetica, tecnologia, condizioni di utilizzo, isolamento della stanza e tariffe energetiche. I consumi nominali, calcolati in condizioni di funzionamento medio, possono variare significativamente tra i modelli. Ad esempio:

- Un condizionatore 9000 BTU consuma circa 485-600 W all'ora, con un costo stimato di 19-24 centesimi.
- Un modello 12000 BTU consuma 820 W all'ora, pari a 33 centesimi.
- Un condizionatore 18000 BTU consuma 1381-1480 W, con costi tra 55 e 59 centesimi.

Il consumo effettivo è spesso inferiore al nominale, poiché il condizionatore lavora a piena potenza solo inizialmente, per poi stabilizzarsi a regimi più bassi. Fattori come la manutenzione regolare, l'uso di condizionatori inverter e una buona efficienza energetica

⁵⁹ [Quanto consuma un PC e come limitare i costi | Facile.it](#)

(classe A+++ preferibile) possono ridurre i consumi. Al contrario, temperature estreme, scarsa manutenzione e tariffe energetiche elevate possono aumentare significativamente i costi.

Per calcolare con precisione il consumo, si può utilizzare un wattmetro o fare riferimento ai dati tecnici del dispositivo. Un condizionatore ben scelto e mantenuto può garantire comfort a costi sostenibili, specialmente se si considerano le differenze di consumo tra i modelli più vecchi e quelli di ultima generazione.⁶⁰

Utilizzare un **forno elettrico** comporta un'emissione di CO₂ variabile a seconda della potenza del forno e della durata d'uso. In media, un forno elettrico consuma tra 1,2 e 1,8 kWh. Per esempio, con un'emissione di circa 0,5 kg di CO₂ per kWh, un'ora di utilizzo genera tra 0,6 e 0,9 kg di CO₂. Questo valore può variare in base all'efficienza del forno e alla fonte di energia elettrica utilizzata. Gli elettrodomestici più efficienti aiutano a ridurre sia i costi energetici che le emissioni complessive.

Il funzionamento di una **lavatrice** produce una quantità significativa di CO₂, principalmente legata al riscaldamento dell'acqua e all'energia elettrica utilizzata durante il ciclo di lavaggio. Le stime variano in base all'efficienza energetica del modello e alla temperatura impostata. Ad esempio, una lavatrice a carica frontale può consumare circa 0,2-0,3 kg di CO₂ per ciclo se usata con acqua fredda, mentre il consumo può aumentare fino a circa 0,6 kg di CO₂ per ciclo se si imposta una temperatura più alta.

L'energia consumata dalle lavatrici più moderne è notevolmente ridotta rispetto ai modelli precedenti, e lavare a basse temperature aiuta a ridurre le emissioni. Per esempio, l'uso dell'acqua fredda può ridurre l'impatto di circa l'80%, rispetto al lavaggio con acqua calda, grazie alla riduzione dell'energia necessaria per riscaldare l'acqua.

Il consumo di CO₂ di una **televisione** dipende da diversi fattori, come il tipo di schermo, la dimensione, e il tempo di utilizzo. In generale, le televisioni a LED sono più efficienti rispetto ai vecchi modelli a plasma o LCD. Secondo le stime, una televisione a LED di 40 pollici consuma circa 0,08 kWh per ora di utilizzo, mentre un modello a plasma delle stesse dimensioni può consumare fino a 0,3 kWh. Convertendo questo consumo in emissioni di CO₂, usando un fattore medio di emissione di 0,233 kg di CO₂ per kWh

⁶⁰ [Quanto consuma un condizionatore con calcolo fatto in euro](#)

(come calcolato dall'Environmental Protection Agency), l'uso di una TV LED per un'ora può emettere circa 0,02 kg di CO₂. Per un televisore al plasma, invece, le emissioni possono raggiungere circa 0,07 kg di CO₂ per ogni ora di utilizzo per 4 ore al giorno porterebbe, quindi, a circa 29 kg di CO₂ all'anno per una TV LED e fino a 102 kg per una TV al plasma. Gli schermi OLED si collocano tra LED e plasma in termini di consumo energetico e emissioni.

I **tostapane**, sono elettrodomestici ampiamente diffusi, utilizzati per tostare il pane in modo rapido ed efficace. Il consumo energetico di questi dispositivi dipende da fattori come il modello, l'età e la frequenza di utilizzo.

In termini medi, un tostapane consuma tra 800 e 1.500 watt all'ora. Per un utilizzo giornaliero di circa 10 minuti, il consumo si aggira tra 0,133 e 0,25 kilowattora (kWh). Su base annua, considerando un utilizzo quotidiano costante, il consumo totale varia da 48,5 a 91,25 kWh. Il costo del funzionamento può essere stimato moltiplicando il consumo energetico annuo per il prezzo al kWh stabilito dal proprio fornitore di energia elettrica. Ad esempio, con un costo dell'energia di 0,20 euro per kWh, l'utilizzo del tostapane per 10 minuti al giorno comporterebbe una spesa annuale compresa tra 9,7 e 18,25 euro.

Per ottimizzare il consumo energetico e ridurre i costi, è possibile adottare alcune misure:

- **Utilizzo responsabile:** evitare di accendere il tostapane più del necessario e spegnerlo immediatamente dopo l'uso.
- **Manutenzione regolare:** pulire periodicamente il tostapane, rimuovendo residui di pane o briciole, aiuta a mantenerlo efficiente, prevenendo dispersioni di energia.
- **Scelta del modello:** preferire tostapane moderni e progettati per essere più efficienti dal punto di vista energetico.

Questi accorgimenti non solo contribuiscono a limitare i consumi, ma allungano anche la vita utile del dispositivo, favorendo un uso sostenibile e responsabile delle risorse.

Le emissioni di CO₂ generate dal funzionamento di un **frigorifero** dipendono dal consumo energetico, che varia a seconda del modello e della classe di efficienza. Per calcolare il consumo giornaliero, basta dividere il consumo annuo riportato nelle specifiche tecniche per 365 giorni. Ad esempio, un frigorifero da 240 litri con un consumo medio annuo di 230 kWh avrebbe un consumo giornaliero di circa 0,63 kWh e di conseguenza ci sarebbe una produzione di 0,14679 kg di CO₂ al giorno.

Consumi frigoriferi				
Litri	Classe	kWh/a		
138	F	227	B	135
da 200 a 250	A - B - C	n.d.	C	172
da 200 a 250	D	179	D	208
da 200 a 250	E	200	E	247
da 200 a 250	F	235	F	308
da 251 a 340	A - B - C - D	n.d.	A - B - C - D	n.d.
da 251 a 340	E	237	E	276
da 251 a 340	F	280	F	n.d.
da 341 a 440	A	115	A - B - C - D	n.d.
			E	311
			F	418

Il consumo energetico di un **congelatore** dipende da vari fattori, come modello, capacità, classe energetica e modalità d'uso. Sebbene il congelatore sia meno energivoro di altri elettrodomestici come lavatrice o lavastoviglie, il suo funzionamento continuo ne aumenta il consumo totale, soprattutto in estate. Il dispendio energetico è influenzato anche dalla temperatura interna (indicata da stelle da 1 a 4), dove una maggiore capacità di raffreddamento comporta un consumo superiore. In media, un congelatore consuma tra i 250 e i 300 watt all'ora, ma questo valore può variare. I modelli moderni sono spesso dotati di termostati avanzati che riducono i consumi totali attivando una modalità di risparmio energetico una volta raggiunta la temperatura impostata.

Il consumo di un congelatore dipende dalla classe energetica, che va da A (più efficiente) a G (meno efficiente) nella nuova classificazione. Un modello di classe A può utilizzare

fino a quattro volte meno energia rispetto a uno di classe G, determinando un risparmio significativo a lungo termine.

I congelatori a pozzetto, generalmente più efficienti dei modelli verticali, consumano meno energia per via delle minori dispersioni termiche. Per risparmiare energia, è consigliato scegliere modelli di alta efficienza, mantenere una capacità adeguata, limitare l'apertura della porta e posizionare il congelatore lontano da fonti di calore. Funzioni come "No Frost" e sensori intelligenti aiutano a ottimizzare i consumi.⁶¹

Gli **asciugacapelli** sono un altro elemento ormai presente in ogni casa e si distinguono per tecnologia, design e classe energetica. I modelli si suddividono in tradizionali e a ioni. I phon tradizionali utilizzano aria calda per asciugare i capelli favorendo l'evaporazione dell'acqua, mentre quelli a ioni emettono particelle cariche negativamente che eliminano l'elettricità statica, rendendo i capelli più lucidi e morbidi. Gli asciugacapelli a ioni consumano meno energia rispetto ai modelli tradizionali, ma il loro costo iniziale è più elevato. Anche il design incide sull'efficienza: i phon classici hanno una forma cilindrica con una bocchetta fissa, mentre quelli a pistola, dotati di manico e bocchetta orientabile, offrono maggiore praticità d'uso, pur essendo più ingombranti.

Grazie all'evoluzione tecnologica, gli elettrodomestici sono diventati sempre più efficienti dal punto di vista energetico. La classe energetica, indicata sulle etichette dei modelli, rappresenta un parametro chiave per valutare l'efficienza del phon. Le classi vanno da A+++ (massima efficienza) a G (consumi elevati). Scegliere un modello con una classe energetica alta può comportare un investimento iniziale maggiore, ma permette di ammortizzare la spesa grazie a un minor consumo energetico e a bollette più leggere.

Ovviamente, conoscere i consumi energetici di un phon aiuta a scegliere un modello più efficiente e a utilizzarlo in modo ottimale, evitando sprechi. La potenza dell'apparecchio, che solitamente varia tra 600 e 2.400 watt, è un fattore determinante. Un phon da 1.000 watt, ad esempio, consuma circa 1 kWh in un'ora di utilizzo. Per stimare il costo, è sufficiente moltiplicare il consumo orario per il costo dell'energia indicato in bolletta. Ad esempio, un phon da 2.000 watt (2 kWh) con una tariffa di 0,30 euro per kWh costerà 0,60 euro all'ora (2 kWh × 0,30 euro).

⁶¹ [Consumo congelatore: quanto consuma un freezer? | VIVI energia](#)

Utilizzando mediamente il phon per mezz'ora al giorno, si ottiene un consumo annuo di circa 182 kWh, che con una tariffa di 0,30 euro/kWh equivale a una spesa di circa 54,6 euro. Tuttavia, l'importo può variare in base alla potenza, al tempo di utilizzo e alla tariffa applicata dal proprio fornitore di energia. Ad esempio, un phon da 2.000 watt utilizzato quotidianamente potrebbe comportare una spesa annua di circa 146 euro. Inoltre, va considerata la potenza complessiva degli impianti domestici: con phon da 3.000 watt, si rischia di raggiungere il limite di potenza standard (3,3 kW), con conseguente rischio di far scattare il contatore se si usano contemporaneamente altri elettrodomestici.

Adottare alcuni accorgimenti può aiutare a contenere i consumi senza rinunciare al phon. Per esempio:

- **Scegliere dei modelli efficienti:** è possibile optare un asciugacapelli a ioni o con una classe energetica elevata (A o superiore). Nonostante un costo iniziale maggiore, si potrà la spesa risparmiando energia nel tempo.
- **Preparare i capelli prima dell'asciugatura:** tamponare i capelli con un asciugamano riduce i tempi di utilizzo del phon.
- **Impostare temperature basse o medie:** si può evitare di utilizzare temperature troppo elevate, che chiaramente richiedono più energia aumentandone i consumi.
- **Spegnere il phon quando non in uso:** anche brevi pause possono contribuire al risparmio.
- **Limitare l'uso all'indispensabile:** è buona abitudine utilizzare l'asciugacapelli solo quando necessario, evitandone usi poco virtuosi.

Infine, esistono modelli ecologici dotati di programmi a basso consumo, che uniscono alte prestazioni a un risparmio energetico significativo. Nonostante il prezzo più alto, questi dispositivi rappresentano un investimento vantaggioso, ripagandosi nel tempo grazie alla riduzione dei costi in bolletta e contribuendo alla salvaguardia dell'ambiente.⁶²

Questi dati riportati sono solo alcuni esempi di consumi che ogni casa può produrre, alcuni sono necessari, specialmente per dispositivi ed elettrodomestici a corrente continua come i frigoriferi o i freezer, mentre per la maggior parte degli altri dispositivi energivori

⁶² [Quanto consuma un phon: come stimare i costi | Facile.it](#)

è possibile adottare un comportamento più attento e utilizzare le diverse soluzioni che queste tecnologie dispongono per avere ottime efficienze ma con sprechi limitati.

5. Bilancio di sostenibilità

Il **bilancio di sostenibilità** è un documento utilizzato dalle imprese per riportare i propri risultati e iniziative nell'ambito ambientale, sociale e di governance (ESG). In esso, le aziende comunicano i progressi in questi ambiti e offrono trasparenza sulle azioni intraprese per migliorare il proprio impatto. Le aziende possono scegliere tra due modalità di rendicontazione: includere i dati di sostenibilità in un report integrato con le informazioni finanziarie o presentare un bilancio di sostenibilità separato. In Italia, il Decreto Legislativo 254/2016, che recepisce la direttiva europea del 2014, stabilisce gli obblighi per le imprese su come presentare questi dati. Il bilancio deve includere informazioni su vari aspetti, come l'uso delle risorse energetiche (specificando fonti rinnovabili e non rinnovabili), l'impiego di risorse idriche, le emissioni di gas serra e sostanze inquinanti, e l'impatto ambientale e sulla salute. Vengono inoltre richiesti dettagli su politiche sociali e gestione del personale, come la promozione della parità di genere e il rispetto dei diritti umani, incluse misure di prevenzione per discriminazioni e violazioni. La lotta alla corruzione, sia attiva che passiva, deve anch'essa essere documentata, con indicazioni sulle strategie adottate.

Nel caso un'azienda non intraprenda iniziative in uno o più di questi ambiti, è richiesto di motivare tale scelta nel bilancio. Ogni area deve essere presentata seguendo standard di riferimento come il GRI, o altre metodologie di rendicontazione adottate internamente. Attualmente, EFRAG e ISSB stanno sviluppando nuovi standard di rendicontazione per uniformare i bilanci in tutta l'UE e su scala internazionale, con l'obiettivo di rendere i dati di sostenibilità comprensibili e comparabili.

L'obbligo di rendicontazione di sostenibilità in Italia attualmente si applica principalmente agli enti di interesse pubblico (EIP) che rispondono a criteri specifici stabiliti dal Decreto Legislativo 254/2016, in linea con la direttiva europea 2014/95/EU. I soggetti obbligati includono aziende con un numero medio di oltre 500 dipendenti e che, alla chiusura dell'esercizio finanziario, abbiano un attivo superiore a 20 milioni di euro o ricavi netti sopra i 40 milioni di euro. Questo requisito interessa quindi soprattutto grandi imprese quotate, banche e assicurazioni. Dal 2019, anche gli enti del Terzo Settore con

specifiche dimensioni e caratteristiche sono tenuti a redigere un bilancio sociale, come stabilito dal decreto del Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali, che ha introdotto le “Linee guida per la redazione del bilancio sociale degli enti del Terzo Settore”. L’obiettivo è fornire maggiore trasparenza su temi sociali e ambientali per migliorare la fiducia dei cittadini e degli investitori verso questi enti.

L’Unione Europea sta implementando modifiche sostanziali per ampliare i requisiti di rendicontazione della sostenibilità, che entro pochi anni si estenderanno a tutte le grandi imprese con più di 250 dipendenti e un fatturato superiore a 40 milioni di euro, nonché a tutte le società quotate, eccetto le microimprese. Inoltre, le PMI saranno incluse nel nuovo regime di reporting dal 2026, con la possibilità per alcune di rimandare l’adozione fino al 2028. Questo fa parte del piano per rendere la trasparenza sulla sostenibilità uno standard in tutta l’UE.

Redigere un bilancio di sostenibilità offre diversi benefici per l’impresa:

- **Monitoraggio della correlazione tra performance finanziaria e non finanziaria:** offre una visione completa dell’impatto economico e sociale, supportando una gestione responsabile e integrata.
- **Miglioramento della reputazione:** con la sostenibilità che diventa un criterio essenziale nelle scelte di consumo, soprattutto per le generazioni giovani, e nelle decisioni di investimento.
- **Mitigazione degli impatti ambientali:** permette di controllare e ridurre le emissioni e altre forme di inquinamento.
- **Individuazione di rischi e opportunità:** la sostenibilità aiuta le aziende a identificare potenziali rischi ambientali e sociali e a cogliere nuove opportunità di crescita sostenibile.⁶³

Attualmente, la redazione del bilancio di sostenibilità non è obbligatoria per tutte le aziende, ma sta diventando sempre più comune tra le realtà virtuose che desiderano dimostrare il proprio impegno verso le questioni ambientali, attrarre investitori e supportare l’eticità delle proprie operazioni. Di anno in anno, cresce il numero di bilanci

⁶³ <https://esgnews.it/governance/bilancio-di-sostenibilita-definizione-ed-esempi/>

di sostenibilità redatti in Europa, anche se in Italia il progresso è più lento rispetto ad altri paesi.

Con l'entrata in vigore della direttiva europea del 10 novembre 2022, nota come CSRD, si segna un cambiamento significativo: si passerà dal bilancio finanziario a quello di sostenibilità, estendendo i soggetti tenuti alla rendicontazione annuale. Questo bilancio diventerà un obbligo e non più una scelta volontaria. Sarà richiesto per tutte le grandi aziende europee (non necessariamente quotate) che abbiano almeno 250 dipendenti, un fatturato superiore a 50 milioni di euro e un attivo che supera i 43 milioni di euro. Saranno obbligate anche le aziende quotate, ad eccezione delle microimprese, ovvero quelle con meno di 10 dipendenti e un fatturato inferiore a 2 milioni di euro.

Tenendo conto delle difficoltà derivanti dalla pandemia di Covid-19, le piccole e medie imprese dovranno adeguarsi a questi obblighi a partire dal 1° gennaio 2026, aumentando così il numero delle aziende interessate da 11.000 a 50.000.

La transizione verso un'economia sostenibile rappresenta una delle più grandi sfide del nostro tempo e l'Italia non è esente. Ogni anno, l'Istat redige il Rapporto SDGs, che analizza l'impegno delle imprese nel perseguire la sostenibilità e la conversione verso fonti rinnovabili, valutando anche gli standard ambientali, sociali ed economici nel nostro paese.

I risultati non sono incoraggianti: sebbene nel 2019 si fosse registrato un trend positivo rispetto al decennio precedente, la situazione è peggiorata dal 2020 in poi a causa della pandemia, la quale ha costretto a mettere in secondo piano gli obiettivi di sostenibilità ambientale. Inoltre, la crescita sostenibile avviene su due binari distinti: le regioni del Nord Italia, in particolare quelle del Nord-Est, mostrano performance più promettenti, mentre le aree del sud e le isole presentano dati significativamente peggiori.

Le province che mostrano il maggiore impegno verso la sostenibilità sono Trento e Bolzano, la Valle d'Aosta, la Lombardia, la Liguria e il Piemonte, mentre la Sicilia, la Campania e la Calabria si trovano in fondo alla classifica. I dati Istat indicano anche i settori più attivi nella redazione dei report: fornitura di energia elettrica, gas, vapore, aria condizionata, acqua, industria estrattiva e gestione dei rifiuti.

Tuttavia, va sottolineato che le attività che generano più CO2 non sono queste, bensì:

- l'industria farmaceutica
- le industrie manifatturiere, trasporti e magazzinaggio
- allevamento, agricoltura, pesca e silvicoltura

Un aspetto positivo è che i settori maggiormente inquinanti stanno mostrando un crescente impegno nella lotta contro l'inquinamento, in particolare l'industria manifatturiera e il settore della fornitura di energia elettrica e gas. In conclusione, il tema dei bilanci di sostenibilità per le grandi imprese e le PMI rimane cruciale e, sebbene la loro obbligatorietà sia in avvicinamento, la loro diffusione è ancora limitata rispetto al contesto europeo.⁶⁴

Le aziende diffondono il loro personale bilancio di sostenibilità, e all'interno è possibile trovare anche delle iniziative autonome per migliorare il loro impatto sull'ambiente. Enel, per esempio, ha stilato il proprio piano di sostenibilità nel bilancio del 2023, l'azienda si impegna a raggiungere emissioni zero entro il 2040, allineando le proprie strategie agli obiettivi climatici globali. Il piano include l'uscita dalla generazione a carbone entro il 2027, il passaggio a una flotta di generazione completamente rinnovabile entro il 2040 e la cessazione della vendita di gas ai clienti finali entro lo stesso anno. Inoltre, l'80% degli investimenti previsti per il periodo 2024-2026 sarà in linea con la tassonomia UE e oltre il 90% sarà allineato con gli obiettivi di sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite.

Enel promuove una transizione energetica giusta, collaborando attivamente con gli stakeholder e i fornitori, e puntando al benessere e alla formazione continua dei propri dipendenti. Il Gruppo è attento anche alla sostenibilità sociale e ambientale, cercando di integrare le esigenze delle comunità locali nelle proprie operazioni. Enel si impegna a migliorare l'esperienza dei clienti e a preservare il capitale naturale, garantendo rispetto dei diritti umani e una governance trasparente e responsabile nel raggiungimento dei propri obiettivi sostenibili.⁶⁵

⁶⁴ <https://www.infobuildenergia.it/approfondimenti/bilancio-di-sostenibilita-imprese-pmi-sfida-come-funziona/#:~:text=Il%20bilancio%20di%20sostenibilit%C3%A0%20sta,come%20le%20imprese%20possono%20prepararsi.>

⁶⁵ https://www.enel.com/content/dam/enel-com/documenti/investitori/sostenibilita/2023/bilancio-sostenibilita_2023.pdf

Anche una attività come quella del **Museum**, che richiede dei non indifferenti consumi elettrici, può fare la sua parte e mostrarsi come un luogo di lavoro virtuoso e di esempio, è possibile farlo grazie ai dati raccolti. Grazie all'Interfaccia della consapevolezza, si può stilare un resoconto di 1 anno di quanta energia è stata prodotta tramite i pannelli fotovoltaici, di quanta è stata consumata dai dispositivi interni e infine quanta è stata prelevata dalla rete energetica a pagamento. Con questo breve calcolo si può delineare quanto è stato rilevante l'impatto di questo edificio a livello ambientale, quanti sono stati i Megawatt risparmiati rispetto al totale necessario. Questa valutazione prende il nome di **carbon footprint**, nel momento in cui si scambia l'energia consumata in CO2 che è servito per generarla. Chiaramente un minor consumo di energia elettrica vuol dire meno CO2 che stata immessa nell'ambiente

La prima volta che si è parlato di **carbon footprint** è stato nel 1992, col passare del tempo, l'impronta di carbonio è diventata un importante indicatore di sostenibilità, giocando un ruolo chiave nella valutazione dell'impatto ambientale delle attività umane. Contestualmente, la misurazione di quest'impronta si è rivelata fondamentale per sviluppare strategie di transizione energetica, favorendo la produzione sostenibile e un'efficace gestione dei rischi.

La misurazione dell'impronta di carbonio consente di seguire l'impatto delle nostre azioni sull'ambiente. Funziona come un indicatore dell'impatto ambientale delle nostre abitudini e comportamenti, quantificabile attraverso le emissioni di anidride carbonica. Per calcolare questo indice, si analizzano i dati relativi alle emissioni dirette (come quelle generate dai trasporti e dal riscaldamento) e a quelle indirette (collegate all'energia elettrica consumata nel lavoro o nella produzione di beni e servizi).

Diversi fattori influenzano la quantità di CO2 emessa da un'azienda o un'organizzazione, che vanno dal consumo energetico degli edifici all'uso dei mezzi di trasporto, fino alla gestione dei rifiuti. Per gestire in modo efficace la propria impronta di carbonio, è quindi necessario un'analisi approfondita di tutti questi aspetti, per identificare le aree di intervento che permettano di ottimizzarne l'efficienza.

La carbon footprint permette di vedere quantità e tipo di emissioni di gas serra originate dalle attività umane. Essa viene calcolata considerando diversi parametri, tra cui le emissioni dirette (come quelle derivanti dai prodotti alimentari), le emissioni indirette

(quali la produzione di energia e l'impatto ambientale associato al suo consumo) e vari processi industriali che influiscono sull'ambiente.

L'obiettivo principale della **carbon footprint** è fornire dati precisi e completi riguardo all'impatto ambientale delle attività umane, consentendo a ognuno di adottare uno stile di vita più sostenibile. Ad esempio, è possibile ridurre la propria impronta di carbonio attraverso azioni come l'uso di fonti energetiche rinnovabili, la limitazione dei trasporti privati, l'acquisto di prodotti a basse emissioni e l'implementazione di soluzioni per la gestione dei rifiuti. Questa misura permette di stimare le emissioni di gas serra generate da un prodotto, un servizio, un'organizzazione, un evento o un individuo, generalmente espresse in tonnellate di CO₂ equivalente, con riferimento all'effetto del biossido di carbonio (CO₂) considerato pari a uno, e calcolate lungo l'intero ciclo di vita del sistema analizzato. Il **Protocollo di Kyoto**, un trattato internazionale pubblicato l'11 dicembre 1997 a Kyoto da oltre 180 Paesi durante la Conferenza delle Parti "Cop3" della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, ha definito i gas serra da considerare nel calcolo della carbon footprint. Questi includono:

- Anidride carbonica (CO₂, da cui il termine "carbon footprint")
- Metano (CH₄)
- Ossido nitroso (N₂O)
- Idrofluorocarburi (HFC)
- Perfluorocarburi (PFC)
- Esafluoruro di zolfo (SF₆)

Questa definizione e misurazione sono cruciali per comprendere e ridurre l'impatto delle nostre attività sul clima globale.

Conclusioni

Le interfacce tecnologiche, come l'“Interfaccia della Consapevolezza” analizzata nel caso del **Ctrl+Alt Museum**, rappresentano una nuova frontiera per promuovere un uso responsabile delle risorse energetiche e idriche. Questi sistemi non solo forniscono dati in tempo reale sui consumi, ma li presentano in modi facilmente comprensibili per l'utente, trasformando numeri astratti in informazioni pratiche. Come ha detto Beppe Leone del **Ctrl+Alt Museum** nel nostro primo incontro a Pavia, “*Non va dimenticato nè*

*sottovalutato il valore educativo che può avere per ragazzi e adulti il racconto della tecnologia vista come strumento per preservare il pianeta. Questo è un piccolo contributo che speriamo di dare a chi viene a visitare il **Museum** e a vedere l'Interfaccia della Consapevolezza. Siamo partiti nel 2021 con questo progetto e siamo orgogliosi di aver anticipato i tempi".* Il valore di tali tecnologie risiede nella loro capacità di guidare cambiamenti comportamentali, spingendo gli utenti a riflettere sull'impatto delle loro azioni quotidiane. Per esempio, sapere che spegnere un elettrodomestico in standby potrebbe risparmiare energia sufficiente a illuminare una casa per un'intera serata diventa un incentivo tangibile a modificare abitudini consolidate. Questa consapevolezza, sostenuta dall'interazione con strumenti digitali, potrebbe diventare un pilastro per una transizione energetica partecipativa e condivisa.

L'Internet of Things (IoT), l'intelligenza artificiale e i dispositivi intelligenti stanno convergendo per creare ecosistemi energetici integrati, capaci di ottimizzare il consumo e ridurre gli sprechi. Immaginiamo una casa intelligente: sensori connessi monitorano la temperatura, l'umidità e il consumo elettrico, mentre algoritmi avanzati imparano le preferenze degli utenti e regolano automaticamente i sistemi di riscaldamento e raffreddamento per massimizzare l'efficienza. Queste tecnologie non solo migliorano il comfort abitativo, ma possono anche fornire dati preziosi ai fornitori di energia per gestire meglio la domanda, riducendo i picchi di consumo. Questa trasformazione potrebbe estendersi alle città, con sistemi che sincronizzano i consumi energetici degli edifici con la generazione da fonti rinnovabili, promuovendo una vera smart city sostenibile.

Progetti come l'"Interfaccia della Consapevolezza" non sono solo utili per risparmiare energia, ma rappresentano anche uno **strumento educativo** potente. La sostenibilità è una questione complessa, che spesso sembra distante dalla vita quotidiana. Tuttavia, queste tecnologie riescono a tradurre concetti astratti, come l'impronta ecologica o le emissioni di CO₂, in esperienze dirette e comprensibili.

Ad esempio, in un ambiente scolastico, un'interfaccia che mostra il consumo energetico della scuola potrebbe essere utilizzata per **insegnare ai bambini** come le loro azioni influenzano l'ambiente. Se un'intera classe decide di spegnere le luci quando esce dall'aula, potrebbe vedere in tempo reale la riduzione del consumo e tradurla in alberi salvati o in minori emissioni di gas serra. Questo tipo di **apprendimento esperienziale**

ha un impatto molto maggiore rispetto a una lezione teorica, perché coinvolge emotivamente e stimola il senso di responsabilità.

L'evoluzione tecnologica e il crescente utilizzo di strumenti digitali stanno trasformando profondamente il rapporto con l'energia e la sostenibilità. Un aspetto fondamentale ma ancora poco esplorato riguarda il modo in cui le tecnologie interattive influenzano il comportamento umano, che varia sensibilmente in base al contesto culturale e sociale. In alcune regioni, la sostenibilità è percepita come una necessità obbligata, mentre altrove può essere considerata un lusso. Questa diversità di prospettive pone la necessità di progettare delle interfacce personalizzate. Una famiglia europea potrebbe essere più sensibile a incentivi economici, come risparmi in bolletta, mentre in aree meno sviluppate, l'accesso a tecnologie di domotica rappresenta un'opportunità concreta per migliorare la qualità della vita. Approfondire queste dinamiche attraverso studi mirati potrebbe portare alla creazione di tecnologie più efficaci e universali, capaci di adattarsi alle esigenze specifiche di ogni comunità.

La crescente diffusione delle **energie rinnovabili**, come il solare e l'eolico, rappresenta un passo avanti cruciale nella transizione energetica, ma pone sfide legate alla loro variabilità intrinseca. Garantire una fornitura stabile richiede soluzioni tecnologiche avanzate, come l'intelligenza artificiale e l'Internet of Things (IoT). Questi strumenti consentono di prevedere i picchi di produzione e di bilanciare la domanda. Sistemi di accumulo, come le batterie al litio, possono immagazzinare energia in eccesso durante i momenti di sovrapproduzione e rilasciarla quando necessario. Inoltre, **elettrodomestici** intelligenti potrebbero essere programmati per funzionare solo quando l'energia è più abbondante, riducendo il carico sulla rete e ottimizzando il consumo domestico. Questo approccio non solo migliora l'efficienza, ma facilita anche l'integrazione delle fonti rinnovabili in sistemi energetici più complessi.

La sostenibilità, tuttavia, va oltre la gestione energetica, abbracciando l'intero ciclo di vita dei prodotti e promuovendo un'economia circolare. Tecnologie come l'IoT possono giocare un ruolo chiave in questo contesto, trasformando il modo in cui gestiamo i rifiuti. **Contenitori intelligenti dei rifiuti**, ad esempio, potrebbero segnalare quando sono pieni o separare automaticamente i materiali riciclabili, rendendo più efficiente la raccolta. Allo stesso modo, sensori integrati in apparecchiature industriali potrebbero monitorare l'usura

dei materiali, suggerendo interventi di manutenzione preventiva e allungando la vita utile dei prodotti. Questi strumenti non solo riducono la necessità di nuove risorse, ma contribuiscono a una gestione più sostenibile dei materiali, minimizzando gli sprechi.

Un'altra sfida fondamentale è rendere queste tecnologie accessibili e inclusive. Nei paesi in via di sviluppo, dove spesso mancano infrastrutture energetiche di base, l'adozione di soluzioni smart deve tenere conto delle specifiche esigenze locali. Sistemi solari autonomi, abbinati a dispositivi IoT, potrebbero fornire energia alle comunità locali, migliorando la qualità della vita senza dipendere da costose reti centralizzate. Questo approccio garantirebbe non solo una transizione energetica più equa, ma anche uno sviluppo sostenibile più ampio.

Infine, l'uso di simulazioni avanzate basate sull'intelligenza artificiale può rappresentare una svolta nella pianificazione delle politiche energetiche. Questi strumenti potrebbero aiutare governi e aziende a identificare i punti critici del sistema energetico e sviluppare delle strategie mirate. Ad esempio, le simulazioni potrebbero indicare dove costruire nuovi impianti di accumulo o come incentivare i consumatori a utilizzare energia nei momenti di bassa domanda. Questa capacità di analisi predittiva renderebbe possibile una gestione più efficiente e sostenibile delle risorse, supportando decisioni informate e strategie a lungo termine.

In sintesi, l'integrazione di tecnologie avanzate, l'attenzione alle differenze culturali e sociali, e l'impegno per una maggiore inclusività rappresentano le basi per affrontare le sfide della transizione energetica. Con un approccio che combina innovazione, consapevolezza e accessibilità, è possibile costruire un futuro più sostenibile per tutti.

Bibliografia e sitografia

¹ <https://www.istat.it/informazioni-sulla-rilevazione/consumi-energetici/>

² <https://www.idsurvey.com/it/vantaggi-e-difetti-delle-metodologie-di-raccolta-dati-via-telefono-via-web-e-field-capi-cati-cawi/>

³ https://www.istat.it/wp-content/uploads/2014/12/StatReport_Consumi_energetici.pdf

⁴ <https://www.istat.it/storage/ASI/2023/capitoli/C02.pdf>

⁵ <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/how-is-eu-electricity-produced-and-sold/#:~:text=Nel%202022%20il%2039%2C4,carbone%3A%2015%2C8%25>

⁶ https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/NRG_CB_PEM_custom_5180368/default/table?lang=en

⁷ <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/how-is-eu-electricity-produced-and-sold/#0>

[Le rinnovabili superano le fonti fossili nella produzione elettrica del primo semestre | QualEnergia.it](#)

⁸ [Le rinnovabili superano le fonti fossili nella produzione elettrica del primo semestre | QualEnergia.it](#)

⁹ <https://www.sanpellegrino-corporate.it/it/impegno-per-ambiente/energia-geotermica-cos-e#:~:text=Anche%20se%20l'efficienza%20dell,continuamente%20in%20grado%20di%20produrla>

¹⁰ <https://www.qualenergia.it/articoli/numeri-eolico-italia-2023-record-produzione-448-mw-installati/#:~:text=Nel%202023%20l'eolico%20sul,1%25%20della%20produzione%20nazionale>

¹¹ <https://dati.terna.it/generazione/dati-statistici#produzione/energia-elettrica-fonte>

¹² <https://www.qualenergia.it/articoli/produzione-installato-tipi-impianto-tutti-numeri-2023-fotovoltaico-italia/>

¹³ https://www.gse.it/documenti_site/Documenti%20GSE/Rapporti%20statistici/Solare%20Fotovoltaico%20-%20Rapporto%20Statistico%202023.pdf

¹⁴ <https://modofluido.hydac.it/energia-idroelettrica-punto-situazione/#:~:text=Nel%202023%2C%20la%20produzione%20di,2022%2C%20asestandosi%20a%204.185%20TWh.>

- ¹⁵<https://dati.terna.it/generazione/dati-statistici#produzione/energia-elettrica-fonte>
- ¹⁶<https://www.enelgreenpower.com/it/learning-hub/energie-rinnovabili/energia-idroelettrica/centrale-idroelettrica>
- ¹⁷<https://www.eon-energia.com/magazine/energia-business/impianto-di-cogenerazione-cose-vantaggi-economici-e-ambientali.html>
- ¹⁸[Statistics | Eurostat](#)
- ¹⁹[Statistics | Eurostat](#)
- ²⁰<https://regalgrid.com/magazine/smart-meter-scopri-come-funzionano-i-contatori-intelligenti/>
- ²¹<https://www.ecobee.com/en-us/all-products/>
- ²²<https://www.esa-automation.com/it/iot-nella-gestione-energetica/>
- ²³https://www.sas.com/it_it/insights/big-data/internet-of-things.html
- ²⁴<https://lab24.ilsole24ore.com/semiconduttori-chip-centro-industria-mondiale/>
- ²⁵<https://www.micheleangeletti.it/articoli/140725-costruzione-di-un-processore.html>
- ²⁶<https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-10-17/chip-delivery-times-shrink-in-sign-that-supply-crunch-is-easing>
- ²⁷<https://www.economiaepolitica.it/industria-e-mercati/la-carezza-dei-semiconduttori-cause-e-previsioni-sulla-sua-evoluzione/#:~:text=Il%2065%25%20degli%20intervistati%20ritiene,fin%20al%202024%20o%20oltre>
- ²⁸<https://www.corrierecomunicazioni.it/industria-4-0/iot/smart-home-mercato-italiano-a-556-milioni-e-siamo-il-paese-con-le-maggiori-prospettive/>
- ²⁹[Notizie - Smart home in Italia, crescita del +22% - INFOBUILD](#)
- ³⁰<https://www.statista.com/outlook/cmo/smart-home/germany>
- ³¹[Smart Home - India | Statista Market Forecast](#)

- ³²<https://www.somfy.it/somfy-blog/somfy-magazine/articolo/intelligenza-artificiale-e-domotica>
- ³³<https://www.iotdomotica.info/?p=24>
- ³⁴<https://www.key4biz.it/smart-home-litalia-cresce-e-le-novita-arrivano-dal-protocollo-matter/481039/>
- ³⁵https://www.lampadinagiusta.it/page.php?id_pagina=216
- ³⁶<https://www.generali.com/it/info/discovering-general/2023/data-awareness#:~:text=Cosa%20si%20intende%20per%20Data,relative%20all'utilizzo%20dei%20dati>
- ³⁷<https://www.aircare.it/inquinanti-indoor-tvoc/>
- ³⁸<https://publica.fraunhofer.de/entities/publication/003b8bc1-34d5-441f-a96d-902fb66355cd>
- ³⁹<https://ancler.org/pm-10/>
- ⁴⁰<https://ehjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12940-017-0252-2>
- ⁴¹<https://www.epa.gov/air-trends/particulate-matter-pm25-trends>
- ⁴²<https://www.enectiva.cz/it/blog/2017/05/concentrazione-co2/#:~:text=2000%2D5000%20ppm%20%2D%20potenziali%20mal,15000%20ppm%20%2D%20problemi%20respiratori>
- ⁴³<https://www.ariasicura.it/anidride-carbonica-in-ambienti-indoor-indicazioni-iss/>
- ⁴⁴<https://www.co2meter.com/blogs/news/co2-monitors-frequently-asked-questions>
- ⁴⁵[Come funzionano i rilevatori di fumo? Le tipologie di rilevamento nei sistemi antincendio](#)
- ⁴⁶<https://quifinanza.it/green/consumo-medio-acqua-quanto-ammonta/508463/>
- ⁴⁷<https://www.edizionilswr.it/esp32.html>
- ⁴⁸<https://senec.com/it/blog/come-e-fatto-un-pannello-fotovoltaico-struttura-e-funzionamento>

- ⁴⁹<https://www.smartlife.nz/blog/the-intelligent-solar-home-10-ways-smart-home-automation-will-unleash-the-power-of-your-solar-array>
- ⁵⁰https://www.mrkilowatt.it/sistemi-di-accumulo/costo-batterie-per-fotovoltaico/?gad_source=1&gclid=Cj0KCQiA0MG5BhD1ARIsAEcZtwT8u30a9td-8QtIhtWycxZqee6YLakX-1P9GydvBmn2frsfme6i22kaAuitEALw_wcB
- ⁵¹https://www.mrkilowatt.it/sistemi-di-accumulo/costo-batterie-per-fotovoltaico/?gad_source=1&gclid=Cj0KCQiA0MG5BhD1ARIsAEcZtwT8u30a9td-8QtIhtWycxZqee6YLakX-1P9GydvBmn2frsfme6i22kaAuitEALw_wcB
- ⁵²<https://your-physicist.com/how-ultraviolet-sensors-work/>
- ⁵³<https://www.regione.toscana.it/-/la-tecnologia-eolica-il-mini-eolico-il-micro-eolico-l-eolico-off-shore#:~:text=Un%20generatore%20eolico%20sia%20ad,12%2D14%20m%2Fs>
- ⁵⁴<https://www.knx.org/knx-it/newsroom/news/news/20240118-Rilevatori-intelligenti-di-allagamenti-cosa-c-e-da-sapere/>
- ⁵⁵[Contatti magnetici per porte e finestre: cosa sono, come funzionano, come installarli](#)
- ⁵⁶[Quali sono le migliori tipologie di gruppi di continuità UPS?](#)
- ⁵⁷<https://www.foodandtec.com/n/i-giovani-sono-sempre-piu-orientati-verso-consumi-sostenibili>
- ⁵⁸[Le e-mail inquinano: l'impatto ambientale della nostra posta elettronica - Green.it](#)
- ⁵⁹[Quanto consuma un PC e come limitare i costi | Facile.it](#)
- ⁶⁰[Quanto consuma un condizionatore con calcolo fatto in euro](#)
- ⁶¹[Consumo congelatore: quanto consuma un freezer? | VIVI energia](#)
- ⁶²[Quanto consuma un phon: come stimare i costi | Facile.it](#)
- ⁶³<https://esgnews.it/governance/bilancio-di-sostenibilita-definizione-ed-esempi/>
- ⁶⁴<https://www.infobuildenergia.it/approfondimenti/bilancio-di-sostenibilita-imprese-pmi-sfida-come->

Ringraziamenti

Giunto al termine di questo percorso ho la possibilità di tirare le somme di ciò che è stato.

Ho intrapreso la strada dell'università ormai cinque anni fa, sono stato formato con numerosi corsi e insegnamenti, ma soprattutto sono cresciuto come persona. Ho avuto la possibilità di entrare in contatto con molte persone da ogni parte d'Italia e questa cosa mi ha arricchito culturalmente e ha allargato i miei orizzonti. Alcuni colleghi come Loris e Federico, li ho conosciuti il primo giorno di presentazione del corso, seduti in fondo all'aula Weber, ancora non potevo immaginare che da quel "voi avete capito cosa ha detto il prof?" col tempo sarebbero diventati come fratelli nella vita. Già mi immagino le prossime avventure e viaggi che faremo insieme.

Devo ringraziare il Prof. Gianpiero Giuseppe Lotito che si è dimostrato da subito interessato e disponibile ad aiutarmi a sviluppare questo progetto, coinvolgendomi e mettendomi in contatto con il **Ctrl+Alt Museum di Pavia**. Di conseguenza, un grande grazie va a Beppe Leone e Alessio Scipione che con trasparenza e dedizione hanno permesso di far diventare il Museum come caso studio di questa tesi.

La mia famiglia: papà, mamma, Giada, ma anche Mia e Coco, ci sono stati quando tutto andava bene e quando le cose proprio non andavano, facendomi capire il vero valore della vita.

Non posso non nominare gli altri colleghi del corso che hanno reso le giornate meno faticose e più spensierate, in particolare Raffa, Ambra, Rasha, Anastasia, Federico, Lore e Francesca. Ma anche i miei amici più stretti, tra cui Ale, Dario, Manny, Sofia, Ricky, Ale Iaia, Garo, Code e Mati.

Dopo questo percorso qui a Pavia mi sento pronto ad affrontare tutte le sfide che la vita mi metterà davanti, ma con un po' di nostalgia degli anni in Università.

Grazie,

Andrea