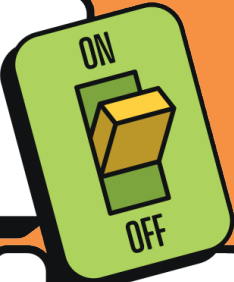


WATT ABOUT



QUANTA ENERGIA!

KIT 2

Dossier

I materiali **WattAbout** sono stati prodotti nel progetto EnergiaFuturo, con il sostegno della Fondazione Gebert R f

Coordinamento:

Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana
Dipartimento formazione e apprendimento / Alta scuola pedagogica

In collaborazione con:

Ticino Energia, AET, AIL, Dipartimento del Territorio della Repubblica e Cantone Ticino,  ducation21 e RSI EDU.

Quanta energia!

Kit 2

Versione 1.0

Giugno 2025

   NC Switzerland

www.wattabout.ch

**WISSENSCHAFT.
BEWEGEN**
GEBERT R F STIFTUNG



Indice

Introduzione	4
1. Le unità di misura ufficiali: Joule e Wattora	5
Unità principale: il Joule (J)	5
I wattora (Wh)	5
2. Quantificare l'energia nelle sue diverse forme	8
L'energia elettrica	8
L'energia del petrolio	11
L'energia nel cibo	12
3. Come calcolare il valore energetico dei cibi?	14
4. Approvvigionamento di materiali critici per La transizione energetica	17
Fonti	20

Introduzione

Ci sono apparecchi che utilizzano “tanta” energia, e a volte abbiamo problemi perché l’energia “manca”. Come si misura l’energia?

In questo kit parliamo delle unità di misura dell’energia e della quantificazione dell’energia nelle sue diverse forme.

Le unità di misura variano per l’energia elettrica, l’energia derivata tanto dal petrolio, che l’energia che estraiamo dal cibo. Misurare l’energia è fondamentale per prendere consapevolezza del nostro fabbisogno energetico e dei flussi energetici del nostro Paese, anche per monitorarne gli andamenti rispetto agli obiettivi stabiliti dalla politica energetica nazionale. Infine, descriviamo come sia possibile monitorare i consumi della propria economia domestica con gli Smart Meter, verso scelte di consumo più consapevole e sostenibile.

1. Le unità di misura ufficiali: Joule e Wattora

La misura dell'energia si basa sempre su **quantità fisiche fondamentali**, come massa, lunghezza e tempo.

Unità principale: il Joule (J)

L'unità di misura ufficiale dell'energia nel Sistema Internazionale (SI) è il **Joule (J)**.

Un Joule è definito come il lavoro compiuto quando si applica una forza di 1 Newton per spostare di 1 metro un oggetto:

$$1\text{J} = 1\text{N} \cdot 1\text{m} = 1\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$$

Ad esempio, con 1 J è possibile...

- sollevare di un metro un peso di 102 g, come ad esempio una tavoletta di cioccolata.
- accelerare un peso di 2 kg alla velocità di 1 m/s, cioè portare una piccola anguria o due pacchi di pasta da 0 a 3,6 Km/h.

Come tutte le unità di misura, per esprimere grandi quantità di Joule vengono utilizzati i prefissi Kilo (1 KJ = 1'000 J), Mega (1 MJ = 1'000'000 J), Giga (1 GJ = 1'000'000'000 J) e Tera (1 TJ = 1'000'000'000'000 J).

I Wattora (Wh)

Una certa quantità di energia può essere anche definita in termini di una certa potenza erogata per una certa quantità di tempo. L'unità del Sistema internazionale (SI) per misurare la potenza è il Watt (W).

Un Watt è la potenza che serve per sollevare un oggetto di circa 100 g, per esempio una mela (ci vuole circa 1 Newton di forza), di 1 metro in 1 secondo:

$$1\text{W} = 1\text{N} \cdot 1\text{m}/1\text{s} = 1\text{kg} \cdot 1\text{m}^2/1\text{s}^3$$

Un Joule può dunque anche essere definito come la quantità di energia necessaria per erogare la potenza di un Watt (W) per un secondo:

$$1 \text{ J} = 1 \text{ W} \cdot 1 \text{ s}$$

Tenuto conto che 1 ora è composta da 3'600 secondi, si può dire che:

$$1 \text{ J} = 1 \text{ W} \cdot 1 \text{ s} \cdot 1 \text{ h} / 3600 \text{ s} = 0.00028 \text{ Wh}$$

A partire da questa equivalenza, si può anche dire che:

- 1 Wh = 3'600 J
- 1 kWh = 3'600'000 J oppure 3'600 kJ

CURIOSITÀ

Joule e Watt: gli uomini dietro le unità di misura

J.P. Joule (1818-1889)

Fisico e chimico inglese Joule è lo scienziato che scoprì il legame tra calore e lavoro meccanico. Infatti, studiò la natura del calore e scoprì che esso non è altro che una forma di energia. Le sue ricerche hanno permesso di formulare nel 19° secolo il principio di conservazione dell'energia, fondamentale per gli studi in termodinamica. Joule si occupò anche di elettricità e determinò quanto calore genera la corrente elettrica che attraversa un filo conduttore. Nel 1843 durante un celebre esperimento, dimostrò che il lavoro meccanico si può trasformare interamente in calore e quindi che anche il calore è una forma di energia. Oggi sappiamo che l'energia può cambiare da una forma all'altra, è necessaria per produrre lavoro e si conserva insieme a esso ma, agli inizi dell'Ottocento, questo non era affatto chiaro. Si riteneva infatti che il calore fosse un fluido, "il calorico", in grado di passare da un corpo all'altro determinando le variazioni di temperatura.

Durante i suoi studi Joule scoprì anche che in un circuito percorso da corrente elettrica parte dell'energia elettrica si trasformava in calore. Tale fenomeno, chiamato effetto Joule, è usato per riscaldare ferri da stiro, stufe e bollitori ed è alla base del funzionamento delle comuni lampade a filamento.

In alcuni casi l'effetto Joule è un fenomeno da evitare: ne sono esempi le perdite di energia nelle linee elettriche o i cortocircuiti che danneggiano apparecchiature elettriche e impianti. Per evitare danni si possono usare dispositivi, chiamati fusibili che, attraverso la loro fusione, interrompono il passaggio di corrente elettrica in un circuito, quando essa supera un limite consentito.

James Watt (1736-1819)

Ingegnere e inventore scozzese che inventò una delle prime macchine a vapore. Watt brevettò nel 1765 un dispositivo che permetteva di aumentare l'efficienza delle macchine a vapore costruite fino ad allora, mediante l'uso di un condensatore del vapore separato dal cilindro. Grazie al suo straordinario apporto all'ambito energetico, il Sistema Metrico Internazionale decise, in suo onore, di chiamare "Watt" (W) l'unità di misura della potenza, equivalente al lavoro di 1 Joule al secondo.

2. Quantificare l'energia nelle sue diverse forme

Abbiamo visto che l'energia ha diverse fonti e può prendere molte forme. Possiamo quantificarla utilizzando diverse unità, a seconda del contesto e del tipo di energia che stiamo considerando (meccanica, termica, elettrica, ecc.).

L'energia elettrica

Per misurare l'energia elettrica si usa il Wattora (Wh) o uno dei suoi multipli (specialmente il kWh). Questa unità permette infatti di esprimere in modo pratico la quantità di energia elettrica trasformata in una certa forma utile (i.e. elettronica, luce, calore, movimento...), dall'utilizzo di dispositivi elettrici di una certa potenza per un certo lasso di tempo. Per esempio, se illuminiamo uno spazio tenendo accesa una lampadina LED da 5 Watt [1] per 1 ora, “consumiamo” 5 Wh (i.e. trasformiamo 5 Wh di energia elettrica in energia luminosa). Se la teniamo accesa per 2 ore, il totale di energia elettrica trasformata in luce sarà invece $5W \cdot 2h = 10 \text{ Wh}$.

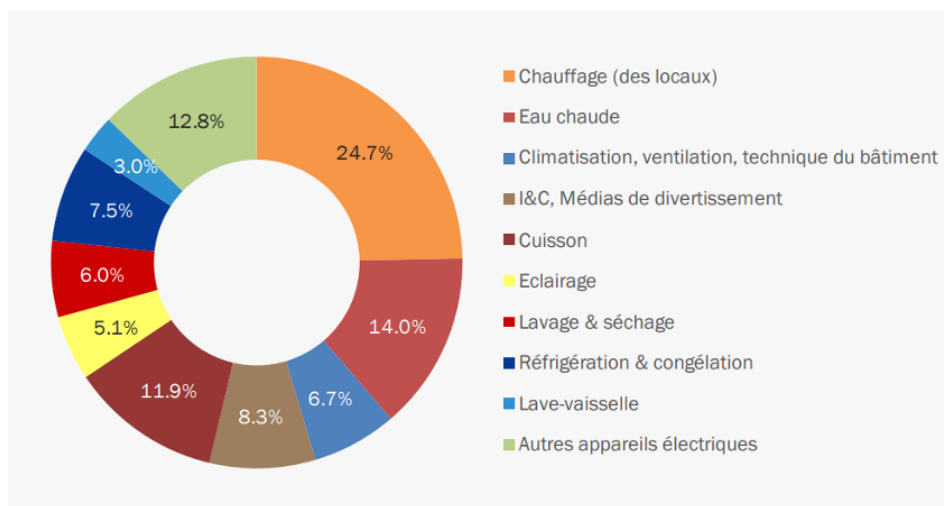
Grazie a questa unità di misura è anche possibile quantificare in maniera intuitiva e immediata la quantità di energia elettrica “prodotta” da fonte primaria attraverso un generatore di una certa potenza attivo per una certa quantità di tempo.

Per esempio, la centrale idroelettrica della Nuova Biaschina ha una potenza tale per cui in un anno riesce a generare 390 GWh di energia elettrica ($1 \text{ GWh} = 1'000'000'000 \text{ Wh}$ — il prefisso “giga” = 10^9), che equivale alla quantità di elettricità richiesta in un anno da circa 97'500 economie domestiche [2]. La centrale nucleare di Beznau, nel Cantone Argovia, ha invece una potenza elettrica netta di 365 MW [3]. Se funziona per 24 ore, si possono generare $24h \cdot 365 \text{ MW} = 8'760 \text{ MWh} = 8.76 \text{ GWh}$ di energia elettrica, che corrisponde a un quarto del fabbisogno annuale di elettricità per l'illuminazione pubblica in Ticino [4].

CURIOSITÀ

fatti e cifre dell'elettricità

Il consumo medio di un'economia domestica è di circa 4'000-5'000 kWh all'anno. Per che cosa viene utilizzata questa energia?



Struttura del consumo di elettricità nelle economie domestiche private. Quote in percentuale per destinazione d'uso nel 2023. 01 Nov.2024 [5].

24,7 % Riscaldamento (dei locali)
14,0% Acqua calda
6,7 % Ventilazione tecnica condizionamento dell'edificio
8,3 % I&C e Mezzi di intrattenimento
11,9 % Cucina
5,1 % Illuminazione
6,0% Lavaggio e asciugatura
7,5% Refrigerazione e congelamento
3,0% Lavastoviglie
12,8% Altri elettrodomestici

Inoltre, considera che...

- Con 1 kWh di elettricità si possono: preparare 40 tazze di caffè con una macchina espresso automatica, lavare un bucato in lavatrice a 60°C, oppure guardare la televisione per 12 ore.
- Se un asciugacapelli da 1'800 W resta acceso un'ora, viene consumata una quantità di energia pari a 1'800 Wh, ossia 6'480'000 Joule (1800 W x 3600 s).
- Per portare a ebollizione un litro di acqua del rubinetto (i.e. aumentare la sua temperatura da 20 a 100°C), sono necessarie 80 kcal, equivalenti a circa 93 Wh. Se usiamo un bollitore elettrico standard della potenza di 2.5 kW (i.e. 2'500 W), possiamo fare ciò in circa 2 minuti e 23 secondi;
- Tenere acceso l'albero di Natale per una serata (circa 4 ore) richiede 120 Wh

Ecco altri esempi della tabella sottostante:

	Un'aspirapolvere ha solitamente una potenza tra i 1'200 e i 2'000 W; quindi, per aspirare la polvere per un'ora sono necessari tra 1,2 e 2 kWh. Se l'aspirapolvere potesse digerire il cibo come noi, dovrebbe mangiare almeno 10 pasticcini al cioccolato (equivalenti a circa 2'000 kcal).
	Per percorrere un chilometro con un treno metropolitano sono necessari in media 83 Wh, ovvero 0,083 kWh.
	Una doccia di cinque minuti richiede 3,09 kWh per riscaldare l'acqua.
	Un laptop ha bisogno di 20-40 W, cioè 0,02-0,04 kWh; un computer tra 150 e 400 W, in un'ora 0,15-0,4 kWh.
	Per caricare una volta dallo 0% al 100% l'accumulatore di un iPhone 7 Plus sono necessari 11,1 Wh = 0,0111 kWh.
	Durante la combustione di un 1 l di petrolio greggio viene generato un potere calorifico pari a 10,3 kWh di energia termica utile.
	Un chilometro percorso in auto con un consumo di 8 l/100 km corrisponde a 0,824 kWh (Per semplicità, il motore di quest'auto funziona a petrolio greggio, ossia 1 km * 8 l/100 km * 10,3 kWh/l)

Modificato da Svizzera Energia — educazione energetica per il livello secondario ii — dossier di lavoro
— energia - versione 1 — 24.01.2022. [6]

Equivalenza fra Joule e Watt	
1 J	1 Ws
3'600 J	1 wattora Wh
3'600'000 J	1 chilowattora kWh

Watt e ordini di grandezza	
1'000 Wh	1 chilowattora kWh
1'000 kWh	1 megawattora MWh
1'000 MWh	1 gigawattora GWh

Converting energy units. [7]

L'energia nel petrolio

Il petrolio è stato storicamente una delle principali fonti di energia utilizzate nel mondo (e lo è ancora! vedi: ourworldindata.org).

Per questo, per misurare grandi quantità, spesso il consumo di energia primaria viene indicato anche in Tonnellate Equivalenti di Petrolio (TEP) o in tonnellate equivalenti di petrolio greggio. Una tonnellata equivalente di petrolio corrisponde alla quantità di energia sprigionata durante la combustione di una tonnellata di petrolio greggio (i.e. il petrolio non ancora raffinato) e l'Agenzia internazionale dell'energia (*IEA*) e l'Organizzazione per la cooperazione e lo sviluppo economico (*OCSE*) definiscono il TEP equivalente a 41,868 GJ oppure 11'630 kWh. [8]

Un'altra unità di misura comunemente usata per quantificare fonti energetiche derivanti dal petrolio è il Barile Equivalente di Petrolio (BEP), fissato convenzionalmente a 0,146 TEP (una tonnellata di petrolio corrisponde a circa 6,841 barili). [9]

L'energia nel cibo

L'energia è alla base della vita: le piante l'ottengono dal sole attraverso la fotosintesi, mentre funghi, animali e quasi tutti gli altri esseri viventi la ricavano dal cibo attraverso la nutrizione.

Un altro modo per quantificare l'energia è la caloria (cal), un'unità di misura che viene dalla biologia e dalle scienze della nutrizione.

La caloria viene definita come l'energia necessaria per innalzare di 1 °C (precisamente, da 14,5 °C a 15,5 °C) la temperatura di 1 g di acqua distillata alla pressione atmosferica, ed equivale a 4,18 J. Le calorie (e spesso l'equivalente in Joule) sono l'unità di misura utilizzata per esprimere il valore energetico dei cibi.

Cal	Watt h
500 cal	0.5815 Wh
500 kcal (500'000 cal)	0.5815 kWh

Cal	Joule	
500 cal	2'093.4 J	2.0934 kJ
500 kcal	2'093'400 J	2093.4 kJ

Converting energy units. [7]

CURIOSITÀ

Come sono indicate le calorie dei cibi?

Dunque, la caloria è un'unità di misura usata per misurare l'energia contenuta negli alimenti e nelle bevande (apporto calorico).

Secondo la distinzione che abbiamo visto sopra, si tratta di energia chimica, cioè dell'energia contenuta nei legami tra atomi e molecole, che viene liberata grazie ai processi del nostro metabolismo (in particolare la digestione).

La tabella dei valori nutrizionali degli alimenti, o **Dichiarazione nutrizionale**, riporta sulla confezione di un prodotto alimentare il suo contenuto e i valori energetici corrispondenti, espressi in kcal e kJ. Da un punto di vista nutrizionale, pertanto, si tratta di due unità di misura dell'energia.

L'etichetta nutrizionale riportata su un prodotto alimentare è una dichiarazione relativa al suo valore energetico, ma anche al suo contenuto in proteine, grassi, carboidrati, fibre alimentari, sodio, vitamine e sali minerali. Inoltre, contiene informazioni per 100 g o 100 ml di prodotto e per porzione. Queste tabelle possono aiutarci a capire il numero di calorie e la quantità di nutrienti negli alimenti che mangiamo e quanto questi contribuiscono alla nostra dieta.

Ecco un esempio di etichetta nutrizionale:

1 Valori nutrizionali medi	2 Per 100 g	3 Per porzione 4 Bastoncini cotti al forno
Energia	831 kJ 198 kcal	1025 kJ 245 kcal
Grassi	9,0 g	11 g
di cui acidi grassi saturi	0,8 g	1,0 g
Carboidrati	16 g	20 g
di cui zuccheri	<0,5 g	<0,5 g
Fibre	0,6 g	0,8 g
Proteine	13 g	16 g
Sale	0,86 g	1,0 g

(1) Energia e nutrienti

(2) Valori per 100 g di prodotto in kcal e kJ

(3) Valori per porzione di prodotto

3. Come calcolare il valore energetico dei cibi?

Da studi calorimetrici sappiamo che i carboidrati forniscono circa 4 kcal/g; le proteine 4 kcal/g e i grassi 9 kcal/g.

Conoscere il valore energetico di un alimento e la distribuzione dei nutrienti, è importante per poter scegliere consapevolmente come comporre i propri pasti. Ad esempio, come calcolare le calorie di un piatto di pasta? Se consideriamo 350 kcal per 100 g di pasta, 80 g di pasta hanno $80 \times 350 / 100 = 280$ kcal e il valore calorico di 80 g finale di pasta cotta sarà circa 100-120 kcal, (e infatti, il contenuto calorico sarà inferiore, in quanto la pasta assorbe acqua durante la cottura).

Come abbiamo visto, l'energia non si crea né si distrugge, ma si trasforma o converte da una forma all'altra. Analogamente al motore di un'auto che trasforma l'energia chimica contenuta nella benzina o nel gasolio in movimento, anche il corpo umano può agire da "convertitore". Per esempio, grazie a una bicicletta possiamo convertire l'energia del cibo che ingeriamo in movimento. Altro esempio, se attrezziamo delle biciclette di una dinamo, potremmo anche produrre dell'energia elettrica. per vedere un film e questa energia potrebbe essere prodotta dagli spettatori stessi, pedalando, seduti su delle cyclette. Per vedere un film di due ore, utilizzando un proiettore digitale laser e un buon impianto audio, servono circa 8 kWh. Se ogni spettatore pedalasse sempre durante il film, produrrebbe più o meno 200 Wh (100 Wh all'ora), e quindi 40 spettatori insieme potrebbero guardare un intero film. Difficile valutare quanto poi la visione sarebbe piacevole!

CURIOSITÀ

quanta energia “consuma” il corpo umano? [10]

Grazie al cibo che ingeriamo e poi digeriamo possiamo ottenere l'energia non solo per muoverci e svolgere tutte le altre attività quotidiane, ma anche e soprattutto per sostenere le funzioni e i processi biologici di cui il nostro corpo necessita per rimanere in vita, come la divisione cellulare, la riparazione dei tessuti, il trasporto di sostanze e il mantenimento della temperatura corporea, per fare solo alcuni esempi.

Il fabbisogno di energia di un essere umano dipende da tanti fattori, tra cui il sesso biologico, l'età, la dimensione e composizione corporea, i processi biologici in corso (per esempio una gravidanza o l'allattamento), così come il livello di attività e l'intensità delle attività che si svolgono.

Per sostenere le funzioni base di un corpo umano adulto sono necessarie mediamente tra le 1'200 e le 2'400 kcal di energia al giorno (che corrispondono a circa 5'000-10'000 kJ). Quando compiamo una certa attività, abbiamo bisogno di ulteriore energia. La tabella seguente riporta una stima della quantità di energia necessaria per svolgere alcune delle attività normalmente svolte da un essere umano durante una giornata:

kJ/h	Attività fisiche e abituali
Fino a 400 kJ	dormire, leggere, scrivere, lavorare al PC, guardare la TV, guidare l'auto
400-800 kJ	stirare, mangiare e cucinare, lavare e igienizzare, vestirsi, lavare i panni, giocare a biliardo
800-1'000 kJ	lavare i pavimenti, giardinaggio, attività aerobica leggera, fare la spesa, camminare (4 km/h)
1'000-1'500 kJ	strofinare i pavimenti, passare l'aspirapolvere, pulire i vetri, giocare a tennis da tavolo, pallavolo, ballare, camminare (6 km/h), la maggior parte degli sport ricreativi
1'500-1'900 kJ	corsa (8 km/h), pattinaggio, attività sessuale, attività aerobica intensa, calcio, escursionismo in montagna, nuoto-stile rana, fitness training
1'900-2'100 kJ	ciclismo (20 km/h), sci alpino, tennis, canoa, spinning, salire le scale, tagliare la legna, danza (agonistica), nuoto – stile libero, basket
2'100-2'500 kJ	corsa veloce, sci di fondo, nuoto (agonistico), arrampicata, rimozione della neve, floorball, salto della corda, squash, badminton

Valori del dispendio energetico per le attività e gli sport selezionati. Tratto da [11] Misurare il cambiamento

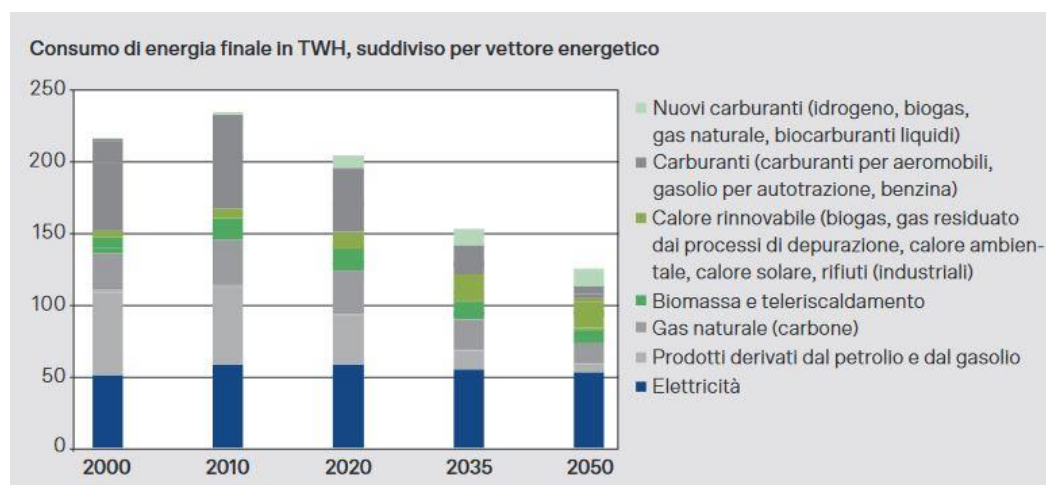
Le unità di misura che abbiamo visto possono servire per prendere consapevolezza del nostro personale fabbisogno energetico, ma anche per gestire i fabbisogni e i flussi energetici di una nazione monitorandone gli andamenti rispetto agli obiettivi stabiliti dalla politica energetica.

In Svizzera, un pilastro importante della politica energetica è la **“Strategia energetica 2050”**, elaborata dal Consiglio Federale per consentire al nostro Paese di mantenere il suo elevato standard di approvvigionamento, riducendo al contempo i carichi ambientali legati allo sfruttamento dell'energia.

A tale fine sono stati definiti quattro ambiti d'intervento:

- ridurre il consumo di energia e di elettricità pro capite e all'anno;
- aumentare l'efficienza energetica, con misure specifiche in diversi settori (edifici, mobilità, industria, apparecchi elettrici);
- aumentare la quota di energie rinnovabili, con misure per la promozione e miglioramento delle condizioni quadro giuridiche;
- abbandonare gradualmente l'energia nucleare.

Per implementare questa strategia energetica è importante poter misurare la produzione e il consumo di energia. L'effetto atteso grazie all'implementazione della strategia energetica federale viene illustrato nel grafico a seguire:



Effetto atteso della Strategia energetica sul mix dei vettori energetici finali [12].

4. Approvvigionamento di materiali critici per la transizione energetica

La transizione energetica richiede materiali il cui approvvigionamento è critico a causa del contesto geopolitico. Il rapporto “Il ruolo dei materiali critici nella transizione energetica” edito nel 2024, dalla Accademia svizzera delle scienze, illustra come la Svizzera possa migliorare il proprio approvvigionamento e sottolinea il problema della dipendenza in un sistema energetico basato sui combustibili fossili.

La produzione di pannelli solari, turbine eoliche, batterie (ad esempio per auto elettriche) e materiali per rinnovare la rete elettrica, richiede numerose materie prime, tra cui metalli come litio, cobalto, nichel e terre rare. Queste vengono estratte solo in un numero molto limitato di Paesi.

Le innovazioni tecnologiche in Svizzera possono essere delle soluzioni per ridurre la dipendenza dalle importazioni. Vengono inoltre incoraggiati il riutilizzo, la riparazione e la condivisione dei prodotti. Anche i tassi di riciclo possono essere aumentati e il riciclo migliorato tecnologicamente [13].

CURIOSITÀ

Come faccio a monitorare i miei consumi?

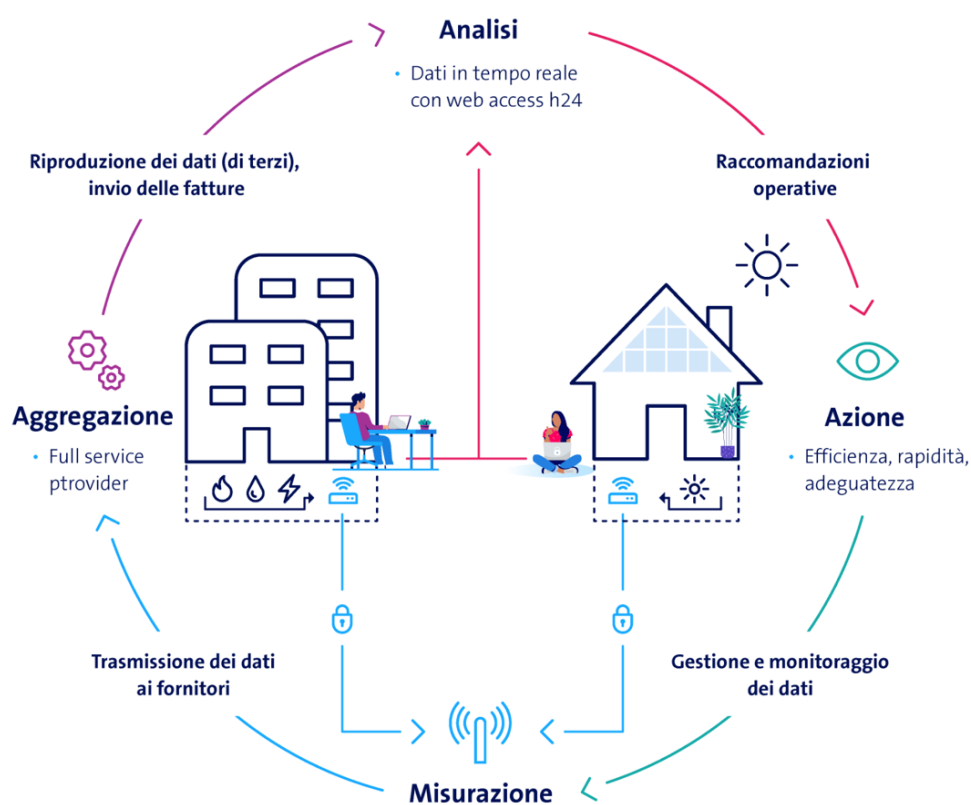
Con un contatore di elettricità intelligente, uno Smart Meter, che permette di misurare i consumi elettrici e un'eventuale immissione in rete, offrendo anche l'opportunità all'azienda distributrice di gestire in modo più efficiente la rete elettrica, su tutto il suo comprensorio. Come funziona uno Smart Meter? Gli Smart Meter trasmettono i dati in tempo reale ai fornitori di energia ed acqua e digitalizzano gli approvvigionamenti, con l'aiuto di sistemi di misurazione intelligenti. Vengono dunque effettuate misurazioni dei consumi in tempo reale assicurando una maggiore trasparenza. Allo stesso tempo favoriscono una gestione più efficiente del flusso di dati, grazie a una fatturazione automatica, analisi approfondite e raccomandazioni operative.

Perché dovremo installare un nuovo contatore Smart Meter?

La strategia energetica 2050, votata dal popolo svizzero nel 2017, obbliga i gestori di rete a sostituire i contatori tradizionali con i nuovi contatori: gli Smart Meter entro fine 2027. Grazie a questi nuovi contatori si potrà gestire in maniera più efficace il consumo e la produzione di energia elettrica, e adottare misure mirate per ridurre i costi. Questi moderni contatori permettono di effettuare la telelettura dei consumi e produzione direttamente dalla centrale, senza bisogno dell'uscita del tecnico deputato alle letture manuali effettuate a domicilio. [14]

Come le altre aziende distributrici anche AIL (Aziende Industriali Lugano) - sta procedendo all'installazione degli Smart Meter. I clienti che già sono in possesso di uno Smart Meter possono usufruire della piattaforma Energy Buddy per monitorare i consumi e ricevere consigli per migliorare i propri consumi.

Energy Buddy, infatti, aiuta a comprendere meglio il fabbisogno energetico della propria economia domestica e guida passo, passo verso scelte di consumo più consapevoli e sostenibili. www.ail.ch
In futuro, la piattaforma diventerà probabilmente un'App.



Come funziona un Smart Meter - Misurazione con connettività IoT (Internet of Things) [15].

Fonti

[1] Jumbo, Criteri per l'acquisto di lampadine

<https://www.jumbo.ch/it/ratgeber/haus/licht/leuchtmittel-kaufkriterien.html>

[2] AET SA - Azienda Elettrica Ticinese, Impianto idroelettrico Nuova Biaschina

<https://www.aet.ch/IT/Nuova-Biaschina-af2c3e00>

[3] Ispettorato federale della sicurezza nucleare (IFSN), Impianti nucleari

<https://ensi.admin.ch/it/temi/impianti-nucleari/>

[4] Ufficio di statistica del Cantone Ticino, 8. Energia. Panoramica del tema Marzo 2024

https://www3.ti.ch/DFE/DR/USTAT/allegati/prodima/4308_energia.pdf

[5] Ufficio Federale dell'Energia (BFE), - Prognos - Consumo di energia per categorie di utilizzazione — Documenti - Der Energieverbrauch der Privaten Haushalte 2000 bis 2023: Ex-post-Analyse nach Verwendungszwecken und Ursachen der Veränderungen (PDF, 1.8 MB, 01.11.2024)

<https://www.bfe.admin.ch/bfe/it/home/approvvigionamento/statistiche-e-geodati/statistiche-energetiche/consumo-di-energia-per-categorie-di-utilizzazione.html>

[6] Svizzera Energia, Educazione energetica per il livello secondario II — dossier di lavoro — energia - versione 1 — 24.01.2022

<https://pubdb.bfe.admin.ch/it/publication/download/10162>

[7] Unit Juggler, Converting Energy Units <https://www.unitjuggler.com/convert-energy-from-cal-to-Wh.html>

[8] American Physical Society, Policy & Advocacy, Energy Unit, Basic Units, Tonnellate equivalenti di petrolio (TEP)

<https://web.archive.org/web/20170101001441/https://www.aps.org/policy/reports/popa-reports/energy/units.cfm>

[9] Wikipedia, Barile equivalente di petrolio (BEP)

https://it.wikipedia.org/wiki/Tonnellata_equivalente_di_petrolio

[10] FAO, Human energy requirements, Report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation, October 2001, Chapter 2, Principles and Definitions

<https://www.fao.org/4/y5686e/y5686e04.htm>

[11] Masariykova universzita, Fakulta sportovnich studií, Corso di Fisiologia. Chapter 07: Spesa energetica: Valori del dispendio energetico per le attività e gli sport selezionati.

<https://www.fsp.s.muni.cz/emuni/data/reader/book-4/07.html>

[12] Svizzera Energia Cosa posso. fare Punto 1. Scheda N. 5 Strategia energetica 2050 - Effetto atteso della Strategia energetica sul mix dei vettori energetici finali

<https://www.svizzeraenergia.ch/formazione/materia-dinsegnamento>

[13] Accademia svizzera delle scienze (SCNAT) - Marcel Falk - Transizione energetica e materiali critici - 2025

https://scnat.ch/fr/uuid/i/3f2a2b4d-f057-5728-8b9e-302d07913b76-Transition_%C3%A9nerg%C3%A9tique_et_mat%C3%A9riaux_critiques

[14] ail SA - Aziende Industriali di Lugano - Smart Meter

<https://www.ail.ch/faq/Smart-Meter.html>

[15] Swisscom, Come funziona un Smart Meter - Misurazione con connettività IoT <https://www.swisscom.ch/it/business/enterprise/offerta/iot/iot-solutions/smart-metering.html>