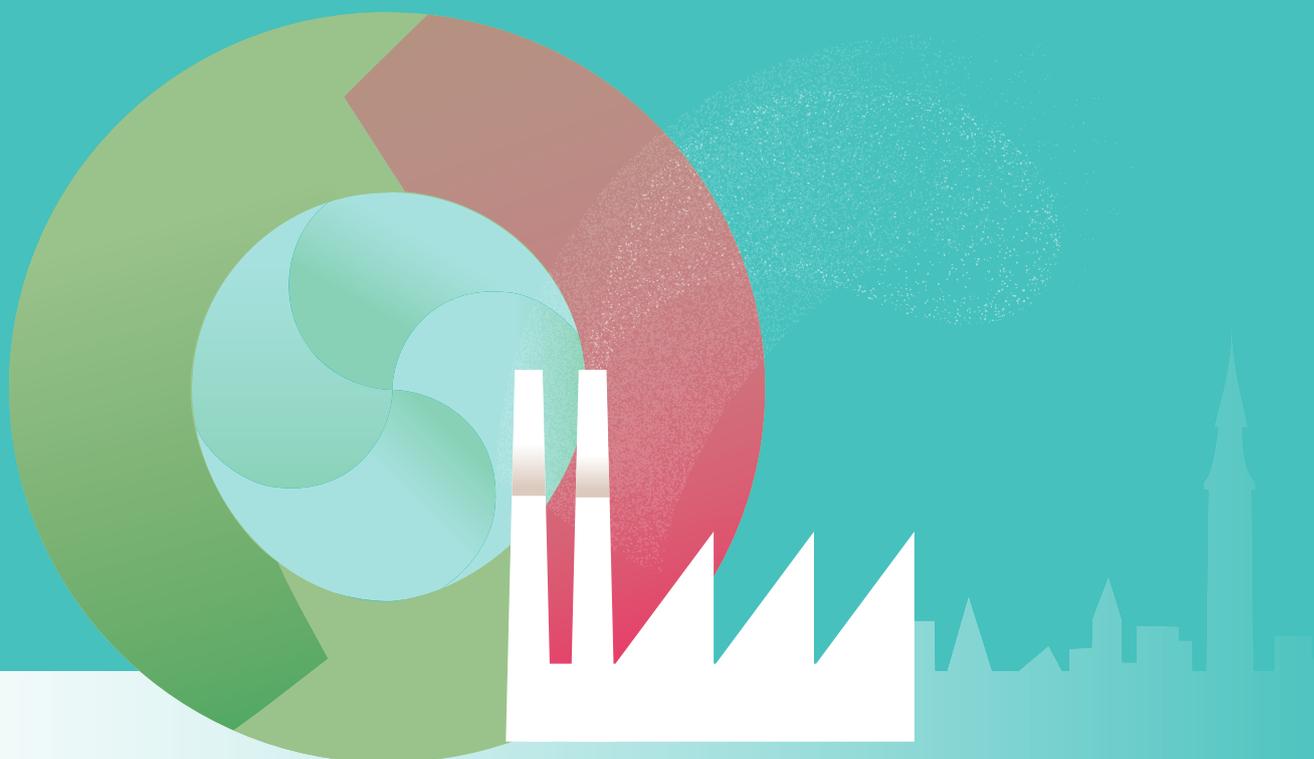


La principale fonte di energia non sfruttata al mondo **Il calore in eccesso**



Esiste una via d'uscita più verde e più sicura dalla crisi energetica

*Introduzione di Astrid Mozes
Presidente, Regioni, Danfoss*

Nel 2022, il Collins Dictionary ha scelto «permacrisis» come parola dell'anno. Ripensando agli ultimi anni, sembra proprio che il mondo stia vivendo una crisi dopo l'altra. Una pandemia. Siccità estreme, inondazioni e ondate di calore causate dal riscaldamento globale. Una guerra devastante in Europa per la prima volta in decenni. Una crisi energetica che minaccia di trascinare l'economia globale verso la recessione. E più recentemente, un tragico terremoto in Turchia e in Siria.

In Europa, i decisori faticano a colmare il divario tra la domanda e l'offerta di energia provocato dal taglio del gas russo. I Paesi stanno adottando misure di emergenza reattive, come la riattivazione di vecchie centrali elettriche a carbone e la sottoscrizione di nuovi contratti di locazione per il nucleare e il gas naturale

liquefatto (GNL). La tragica realtà è che, sebbene alcune di queste misure possano contribuire a mitigare la crisi energetica, rallenteranno e complicheranno al contempo la transizione verde di cui il mondo ha disperatamente bisogno.

Purtroppo, i decisori non considerano che esiste un'alternativa subito disponibile, più ecologica, più economica e più sicura, ovvero l'uso più intelligente dell'energia di cui già disponiamo. Un modo per farlo è utilizzare le ingenti quantità di energia attualmente sprecata in tutti i settori. Spesso l'energia sprecata si presenta sotto forma di calore in eccesso ed è un sottoprodotto della maggior parte dei processi industriali e commerciali; fabbriche, data center, impianti di trattamento delle acque reflue e supermercati producono ingenti quantità di calore in eccesso.

Solo nell'Unione europea (UE), il calore in eccesso ammonta a 2.860 TWh/anno, che corrisponde al fabbisogno totale di energia dell'UE per il riscaldamento e l'acqua calda negli edifici residenziali e dei servizi¹. Gran parte di questo calore in eccesso potrebbe invece essere recuperato e utilizzato².

La situazione è analoga nel resto del mondo, eppure il potenziale di questo calore in eccesso non è ancora riconosciuto. Il calore in eccesso può essere riutilizzato per fornire calore e acqua calda alle fabbriche o trasportato alle abitazioni e alle industrie vicine attraverso un sistema di teleriscaldamento. Il calore in eccesso è una risorsa energetica nascosta che ci circonda.

L'utilizzo del calore in eccesso è efficienza energetica nella sua forma più pura. Nel nostro recente Danfoss Impact abbiamo illustrato come la domanda di energia sia destinata ad aumentare drasticamente nei prossimi anni a causa della crescita demografica e dell'aumento dei redditi. Senza un'azione urgente per affrontare il lato domanda dell'equazione verde, utilizzando ogni singola unità di energia in modo più efficiente, non riusciremo raggiungere gli obiettivi climatici globali. Secondo l'Agenzia internazionale dell'energia (AIE), una spinta globale per l'uso più efficiente dell'energia può ridurre le emissioni di CO₂ di ulteriori 5 gigatonnellate all'anno entro il 2030 rispetto alle strategie politiche attuali. Si tratta di un terzo della riduzione necessaria per raggiungere lo scenario a energia netta zero entro il 2050³. In termini di sicurezza energetica, questi risparmi energetici possono contribuire a evitare quasi 30 milioni di barili di petrolio al giorno (il triplo della produzione media della Russia nel 2021) e 650 miliardi di metri cubi (mmc) di gas naturale all'anno, circa quattro volte le importazioni dell'UE dalla Russia nel 2021⁴. Pertanto, l'efficienza energetica è una soluzione essenziale per molte delle crisi più urgenti del mondo: può rendere l'energia più economica, più sicura e più sostenibile al tempo stesso.

Ma se il potenziale dell'efficienza energetica è così sbalorditivo, perché non stiamo già assistendo a una massiccia spinta globale per migliorare l'efficienza, compreso il riutilizzo dell'energia sprecata? Sebbene la crisi energetica globale abbia innescato uno slancio senza precedenti per la diffusione delle energie rinnovabili, davvero necessaria e incoraggiante, l'attenzione politica ai miglioramenti strutturali per l'efficienza energetica è stata praticamente assente.

Una parte della disattenzione politica è probabilmente dovuta al carattere intrinseco dell'efficienza energetica: lo spreco di energia è invisibile e le soluzioni per aumentare l'efficienza negli edifici, nell'industria e nei trasporti sono tecniche. Tuttavia, anche se le soluzioni possono non essere tanto evidenti quanto le turbine eoliche, sono comunque fondamentali se vogliamo trovare una via d'uscita più sicura e più verde dalle molteplici crisi che stiamo affrontando.

L'utilizzo di energia che altrimenti andrebbe sprecata darebbe un impulso alla produttività dell'economia e ridurrebbe i prezzi dell'energia per i consumatori. Inoltre, il calore in eccesso può sostituire notevoli quantità di elettricità o di gas che sarebbero altrimenti necessarie per produrre calore; in questo modo, il calore in eccesso può contribuire a stabilizzare la futura rete elettrica e quindi facilitare la transizione verso un sistema energetico verde. Il riciclo del calore non è solo una misura trascurata nell'attuale crisi energetica, ma è anche la prossima frontiera della transizione verde.

Le soluzioni sono già disponibili: ora abbiamo bisogno della volontà politica per realizzarle. L'energia più verde, più economica e più sicura è quella che non utilizziamo. Iniziamo a farlo.

Danfoss Impact è scritto per condividere il nostro punto di vista sul potenziale dell'efficienza energetica e dell'elettrificazione per trasformare il nostro sistema energetico. Nel dialogo sulla crisi energetica e sulla transizione verde, l'efficienza energetica viene spesso trascurata a livello politico. Un motivo è che l'efficienza energetica non è tanto visibile quanto le tecnologie per le energie rinnovabili. Un altro motivo è che non siamo riusciti a spiegare adeguatamente l'enorme potenziale dell'efficienza energetica e il ruolo cruciale che deve svolgere se vogliamo raggiungere la completa elettrificazione della società.

Stiamo scrivendo questi libri bianchi per mettere in luce la natura intrinsecamente intangibile e invisibile dell'efficienza energetica e per dare risalto a prove fornite da fonti attendibili sul ruolo dell'efficienza nella trasformazione del nostro sistema energetico. Non intendiamo fornire tutte le risposte su ciò che è necessario per limitare il riscaldamento globale a 1,5 gradi, ma vogliamo sottolineare l'importanza di ridurre la domanda di energia come base per sostituire i combustibili fossili con l'energia verde. Vogliamo anche dimostrare che le tecnologie necessarie sono già a nostra disposizione. Questo numero è dedicato a tutta l'energia attualmente sprecata in tutti i settori sotto forma di calore in eccesso che potrebbe essere riutilizzato. Anche se il riciclo di materiali come le lattine per bibite è diventato la norma, non è sempre stato così. Con la pressione energetica che il mondo sta affrontando, speriamo sia arrivato il momento per fare in modo che il riciclo del calore residuo diventi la norma.



Martin Rossen, Vicepresidente Senior
Responsabile Comunicazione e Sostenibilità del Gruppo
Danfoss

Il documento è stato redatto da Sara Vad Sørensen, Responsabile Analisi nella Comunicazione e Sostenibilità del Gruppo di Danfoss. È possibile inviare commenti o domande all'indirizzo: sara.sorensen@danfoss.com.

Hai solo 2 minuti?

Ecco i punti salienti



Il calore in eccesso è la principale fonte di energia non sfruttata al mondo

Solo nell'UE, il calore in eccesso ammonta a 2.860 TWh/anno, che corrisponde al fabbisogno totale di energia dell'UE per il riscaldamento e l'acqua calda negli edifici residenziali e dei servizi⁵. Gran parte di questo calore in eccesso potrebbe invece essere recuperato e riutilizzato.



Le soluzioni esistono già

Esistono tecnologie di recupero termico in grado di utilizzare il calore in eccesso proveniente da industrie, impianti di trattamento delle acque reflue, data center, supermercati, stazioni della metropolitana ed edifici commerciali. Il calore in eccesso può essere riutilizzato per fornire calore e acqua calda alle fabbriche o trasportato alle abitazioni e alle industrie vicine attraverso un sistema di teleriscaldamento. Questo documento illustra misure politiche concrete per accelerare l'uso del calore in eccesso in tutti i settori, a vantaggio di cittadini e aziende con costi energetici inferiori e accelerando la transizione verde.



Il riutilizzo del calore in eccesso è efficienza energetica nella sua forma più pura

Una spinta globale verso una maggiore efficienza può contribuire a evitare quasi 30 milioni di barili di petrolio al giorno (che corrispondono al triplo della produzione media della Russia nel 2021) e 650 mmc di gas naturale all'anno, circa quattro volte le importazioni dell'UE dalla Russia nel 2021⁶.

Perché il calore in eccesso?

L'assenza di misure dal lato della domanda nella crisi energetica globale

Gli esperti sono sempre più concordi nel ritenere che l'impennata dei prezzi dell'energia possa protrarsi almeno per i prossimi anni. Nonostante la crisi energetica si sia intensificata a causa della devastante guerra sul suolo europeo, le conseguenze si sono fatte sentire a livello globale. In tutto il mondo, la forte inflazione ha purtroppo gettato le famiglie in difficoltà economiche, costretto le fabbriche a ridurre la produzione e rallentato la crescita economica al punto che diversi Paesi stanno affrontando una recessione. In Europa, dove la fornitura di gas è vulnerabile a causa della dipendenza dalla Russia, il razionamento del gas e il rischio significativo di blackout potrebbero essere il risultato della carenza di energia elettrica e dell'instabilità della rete.

Quali sono state le risposte politiche alla crisi energetica? Nel complesso, la maggior parte dell'attenzione politica è stata rivolta alle misure dal lato dell'offerta. Con uno sviluppo positivo inaspettato, la crisi energetica globale ha innescato uno slancio senza precedenti all'espansione delle energie rinnovabili. Nei prossimi 5 anni il mondo è destinato ad aggiungere la stessa quantità di energia rinnovabile degli ultimi 20 anni⁷. Questo dato è davvero incoraggiante e necessario.

Tuttavia, poiché l'espansione delle energie rinnovabili non è una soluzione a breve termine, uno dei contributi principali della risposta politica alla crisi è stato l'aumento delle importazioni di GNL da parte dei governi. Non si tratta però di una soluzione a lungo termine, poiché la concorrenza nell'ambito del GNL sarà più forte a causa della probabile ripresa dell'attività economica cinese⁸. Inoltre, la maggior parte delle misure fiscali di emergenza si è concentrata sui sussidi, ad esempio il sostegno al reddito delle famiglie. Al contrario, le misure per ridurre strutturalmente la domanda energetica, come gli incentivi agli investimenti o le normative per incentivare una maggiore efficienza, sono pressoché assenti nelle attuali politiche di crisi (la Germania è una delle poche eccezioni incoraggianti al riguardo)⁹.

Nonostante il vertiginoso aumento dei prezzi dell'energia e l'incertezza senza precedenti sull'approvvigionamento energetico, siamo lontani dal miglioramento medio dell'efficienza del 4% annuo necessario per raggiungere le emissioni nette zero¹⁰. Le misure di efficienza strutturale, compresa la regolamentazione per il riutilizzo del calore in eccesso, sono pressoché assenti nelle risposte politiche alla crisi. E ciò nonostante il fatto che le misure di efficienza costituiscano lo strumento più rapido ed economicamente conveniente per mitigare la crisi energetica.

« Usare gas o elettricità per il riscaldamento è come usare una motosega per tagliare il burro, poiché il riscaldamento può essere facilmente ottenuto da fonti di calore a basso valore come il calore in eccesso. »

Sorprendentemente, solo pochissime iniziative hanno incentivato un uso più efficiente delle ingenti quantità di energia sprecata sotto forma di calore in eccesso.

Come vedremo nei prossimi capitoli, ogni motore in funzione genera calore. Industrie, impianti di trattamento delle acque reflue, data center, supermercati, stazioni della metropolitana ed edifici commerciali generano grandi quantità di calore che attualmente viene disperso nell'aria senza alcuno sforzo per riutilizzarlo.

Il calore in eccesso, chiamato anche calore in esubero o calore residuo, può essere riutilizzato attraverso tecnologie esistenti e collaudate, in particolare le pompe di calore, che sono dispositivi alimentati elettricamente in grado di trasportare calore da un luogo all'altro. Ad esempio, possono sfruttare il calore dei fumi di scarico di una fabbrica o l'acqua riscaldata degli impianti di raffreddamento nei data center e farla circolare nell'impianto di riscaldamento delle abitazioni vicine.

Il riutilizzo del calore in eccesso riduce i costi per i consumatori. È molto più economico riutilizzare l'energia che acquistarla o produrla. A livello sociale, il calore in eccesso può sostituire grandi volumi di elettricità o gas necessari per la produzione di calore. In questo modo, il calore in eccesso può contribuire a stabilizzare la futura rete elettrica. Parafrasando Amory Lovins, usare vettori energetici ad alto valore come il gas

o l'elettricità per il riscaldamento è come «usare una motosega per tagliare il burro», poiché il riscaldamento può essere facilmente ottenuto da fonti di calore a basso valore come il calore in eccesso. Inoltre, nel futuro sistema energetico, emergeranno e aumenteranno nuove fonti di calore in eccesso, come gli impianti Power-to-X, generando grandi quantità di calore in eccesso che potranno essere utilizzate su larga scala.

Rispetto a uno scenario decarbonizzato convenzionale, l'attuazione completa di tecnologie che sfruttano le sinergie tra i diversi settori e consentono l'utilizzo del calore in eccesso può portare a un risparmio di 67,4 miliardi di euro all'anno una volta a regime (nel 2050)¹¹. Questi risparmi derivano dal notevole risparmio di combustibile ottenuto dall'interconnessione del settore del riscaldamento e del raffreddamento con altre parti del sistema energetico e da una maggiore flessibilità che si traduce in una migliore integrazione delle fonti rinnovabili di elettricità nel sistema più ampio¹².

In breve, l'aumento dell'uso del calore in eccesso ridurrà la domanda complessiva di energia, darà un impulso alla produttività dell'economia e faciliterà la transizione verso un sistema energetico verde.

Queste risorse nascoste di energia presenti nei territori saranno illustrate nel prossimo capitolo.

Cos'è il calore in eccesso?

Immagina di attraversare un edificio e che il pavimento sia pieno di banconote da un dollaro. Continueresti a camminare e ad affrontare la giornata come se niente fosse? Sicuramente la maggior parte delle persone farebbe un piccolo sforzo per chinarsi e raccogliere il denaro. Quando si tratta di calore in eccesso, ciò non accade: metaforicamente, stiamo lasciando scorrere il denaro perché non facciamo alcuno sforzo per riutilizzare il calore in eccesso negli edifici e nelle industrie.

Ogni motore in funzione genera calore. Chiunque abbia percepito il calore emesso dal proprio frigo può confermarlo. Lo stesso vale, su più ampia scala, per i supermercati. Mantenere freschi i cibi nelle vetrine refrigerate e nei congelatori genera quantità significative di calore in eccesso. Un processo simile riguarda il raffreddamento delle migliaia di data center che stanno sorgendo in tutto il mondo. Attualmente questo calore in eccesso viene rilasciato nell'aria senza alcuno sforzo per riutilizzarlo. Scopriamo più da vicino questa risorsa nascosta di energia.

Dati e metodologia

In generale, mancano informazioni complessive sul potenziale di calore in eccesso delle diverse aree. Tuttavia, sappiamo che attualmente pochissimo calore in eccesso esistente, proveniente sia da fonti convenzionali che non convenzionali, viene recuperato e utilizzato in applicazioni su larga scala¹³. Alcuni dei dati migliori sulle fonti complessive di calore in eccesso sono forniti da esperti dell'Università di Aalborg e dell'Università di Halmstad e considerano il calore in eccesso proveniente da diverse fonti nell'UE. Nel seguito, utilizziamo i dati dei report «Accessible urban waste heat»¹⁴ (Calore residuo urbano accessibile) e «Excess

heat potentials of industrial sites in Europe»¹⁵ (Potenziali di calore in eccesso dei siti industriali in Europa).

I valori presentati devono essere considerati come stime. Se non diversamente specificato, le stime riguardano il cosiddetto «calore in eccesso accessibile»: ciò significa che i valori tengono conto dei potenziali di utilizzo pratico del calore in eccesso disponibile¹⁶. In questo senso, i valori sono conservativi perché considerano solo fonti situate a pochi chilometri dalle aree urbane di teleriscaldamento. Come vedremo, esistono modi per sfruttare il calore in eccesso che non si basano su tali reti, ad esempio il recupero termico in loco¹⁷. Inoltre, occorre notare che il calore in eccesso si presenta a temperature diverse. A temperature più elevate, generalmente superiori a 80 gradi, spesso può essere sfruttato direttamente, mentre a temperature inferiori può essere potenziato da una pompa di calore¹⁸. Pertanto, l'effettivo utilizzo dei potenziali di calore in eccesso dipende in parte anche dall'elettricità utilizzata da tecnologie come le pompe di calore.

Se si considerano città e aree regionali specifiche, i valori si ottengono utilizzando lo strumento di pianificazione «The European Waste Heat Map»¹⁹. Questo strumento mostra il calore in eccesso nei 27 Paesi dell'UE e nel Regno Unito sia da fonti industriali convenzionali che da fonti non convenzionali come stazioni della metropolitana, stabilimenti di produzione alimentare, negozi al dettaglio di generi alimentari e impianti di trattamento delle acque reflue. I valori possono essere considerati conservativi poiché lo strumento non mostra né gli edifici residenziali e del settore dei servizi né i data center. Inoltre, questo strumento si concentra anche sulle fonti situate entro pochi chilometri dalle aree urbane, quindi non considera le località remote.

Calore in eccesso accessibile in Europa

Il riscaldamento è uno dei maggiori consumatori di energia. In Europa, il riscaldamento rappresenta oltre il 50% del consumo energetico finale annuo e la maggior parte del calore europeo è ancora generato utilizzando fonti a base di combustibili fossili, quasi la metà delle quali è costituita da gas naturale²⁰. Allo stesso tempo, tutte le aree urbane europee hanno accesso a numerose risorse di calore in eccesso. Nell'UE sono disponibili circa 2.860 TWh/anno di calore residuo, che in gran parte potrebbe essere riutilizzato²¹. Per inquadrare questo valore, corrisponde quasi al fabbisogno totale di energia dell'UE per il riscaldamento e l'acqua calda negli edifici residenziali e dei servizi, che è di circa 3.180 TWh all'anno nei 27 Paesi dell'UE + il Regno Unito²².

In alcuni Paesi, il potenziale di calore in eccesso corrisponde alla domanda di calore²³. Nei Paesi Bassi, ad esempio, il calore in eccesso ammonta a 156 TWh/anno²⁴, mentre la domanda di riscaldamento dell'acqua e degli ambienti è di soli 152 TWh/anno²⁵.

Il quadro è simile nel resto del mondo. Ad esempio, se si considera il settore industriale nella Cina settentrionale, si registrano circa 813 TWh solo durante la stagione di utilizzo del riscaldamento²⁶: immagina quale possa essere la quantità totale di calore in eccesso in tutti i settori dell'intera Cina!

Scopriamo più da vicino il potenziale di calore in eccesso.



Il calore in eccesso può accelerare la decarbonizzazione del settore industriale

Il settore industriale è responsabile del 39% di tutte le emissioni globali di carbonio legate all'energia²⁷ e, con l'attuale tasso di miglioramento dell'efficienza energetica dell'1% annuo, non è in linea con le tappe dello scenario a energia netta zero che richiederebbe miglioramenti del 3%²⁸. La sfida strutturale per le fabbriche di tutto il mondo è soddisfare la crescente domanda di produzione, riducendo al contempo le emissioni. L'attuale crisi energetica ha posto il settore industriale in una situazione di forte pressione, poiché la quota dei costi energetici per la produzione è aumentata notevolmente.

Paradossalmente, il progresso dal punto di vista dell'efficienza sta rallentando nel settore industriale. Dal 2015 al 2020, il tasso di miglioramento dell'energia necessaria per produrre un dollaro statunitense di valore industriale è sceso dal quasi 2% annuo raggiunto nel 2010-15 a poco meno dell'1%.²⁹ Il settore industriale deve migliorare la propria efficienza energetica a un tasso annuo del 3% per raggiungere le emissioni nette zero.³⁰ Il progresso complessivo nell'efficienza energetica continuerà a essere ostacolato se la forte domanda industriale di energia persiste senza un miglioramento significativo dell'efficienza energetica industriale.³¹

La buona notizia è che è disponibile un enorme potenziale non sfruttato per il settore industriale, ovvero l'utilizzo del suo calore in eccesso. Se consideriamo l'UE, i siti industriali costituiscono la principale fonte di calore in eccesso. Il calore in eccesso prodotto dai siti industriali pesanti nell'UE ammonta a oltre 267 TWh all'anno³². Per inquadrare questo dato, si tratta di una quantità superiore alla generazione di calore combinata di Germania, Polonia e Svezia nel 2021³³.

Se consideriamo solo le fonti di calore residuo superiori a 95 °C ed entro 10 km dall'infrastruttura di teleriscaldamento esistente, è già disponibile un potenziale di 64 TWh. Ciò corrisponde al 12% dell'energia fornita all'infrastruttura di teleriscaldamento dell'UE ogni anno³⁴.

Il potenziale è impressionante anche se si osservano aree urbane specifiche. Prendiamo il caso di Essen, nel distretto della Ruhr in Germania. Nelle aree urbane intorno a Essen ci sono circa 50 siti industriali che producono 11,98 TWh di calore in eccesso all'anno. Si tratta grossomodo della quantità di calore necessaria per riscaldare 1.200.000 abitazioni, ovvero quasi la metà delle abitazioni della zona.

Tre settori (cemento, prodotti chimici e acciaio) rappresentano quasi il 60% della domanda energetica industriale a livello mondiale e le economie emergenti e in via di sviluppo, in particolare la Cina, sono responsabili del 70-90% della produzione di questi prodotti.³⁵ Queste industrie pesanti offrono un grande potenziale in termini di efficienza perché il calore in eccesso che producono è a temperature estremamente elevate e quindi facile da riutilizzare.

Il settore industriale, che attualmente non è in linea con le tappe dello scenario a emissioni nette zero entro il 2050, ha la capacità di spostare l'ago della bilancia dell'efficienza energetica globale riutilizzando il calore in eccesso. Come vedremo nel prossimo capitolo, l'industria può riutilizzare il calore in eccesso in molti modi; ad esempio, può riutilizzarlo per fornire calore e acqua calda alle fabbriche, o può trasportarlo alle abitazioni e alle industrie vicine attraverso un sistema di teleriscaldamento.



Ottimi risultati in Cina dal riutilizzo del calore in eccesso

Città di Benxi Cina

Dal 2015, la città di Benxi ha gradualmente riutilizzato le risorse offerte dal calore residuo dell'industria siderurgica. Attraverso l'integrazione settoriale, il calore residuo dei processi di produzione dell'acciaio viene riutilizzato per riscaldare la città. Questi sforzi hanno portato a una significativa riduzione del consumo annuo totale di carbone della città, alla riduzione delle bollette energetiche e a un notevole miglioramento della qualità dell'aria.

Fabbriche Danfoss in Cina

Dal 2018, le fabbriche Danfoss di Haiyan & Wuqing lavorano per recuperare il calore in eccesso dai processi di ventilazione e di raffreddamento. Nonostante un aumento del 22% del fatturato, il consumo energetico per il riscaldamento nelle fabbriche è diminuito del 7%, con un miglioramento della produttività energetica del 24% in 3 anni. I progetti di recupero termico hanno contribuito a circa il 15% di questi risultati. Il calore recuperato ha consentito di risparmiare oltre 300.000 euro in bollette energetiche solo nel 2021.

Più fonti di calore in eccesso nelle aree urbane

Storicamente, il calore in eccesso proveniente da acciaierie e centrali elettriche è stato riutilizzato grazie alle temperature molto elevate. Ma con l'evoluzione della tecnologia, molte altre fonti che producono calore in eccesso a temperature più basse sono diventate riutilizzabili, come vedremo nel prossimo capitolo. Se i siti industriali sono la principale fonte di calore in eccesso, anche le grandi città senza industrie hanno numerose fonti di calore in eccesso che aggiungono una notevole quantità di energia.

Prendiamo i data center. I dati sono diventati la linfa vitale dell'odierna economia digitale globale: costituiscono la spina dorsale del flusso di informazioni nelle città e alimentano una serie di attività, dalle infrastrutture e i trasporti alla vendita al dettaglio e la produzione. Anche i data center sono grossi consumatori di elettricità. Nel 2020, i data center dei 27 Paesi dell'UE + il Regno Unito hanno consumato 100 TWh di elettricità, pari a circa il 3,5% della domanda finale di elettricità della regione³⁶. Secondo l'AIE, i data center e le reti di trasmissione dati rappresentano quasi l'1% di tutte le emissioni di gas serra legate all'energia a livello mondiale³⁷. Le stime conservative del 2020 contavano 1.269 data center nei 27 Paesi dell'UE + il Regno Unito, per un totale di 95 TWh di calore in eccesso accessibile all'anno³⁸.

Lo stesso vale per i supermercati. I supermercati sono parte integrante delle comunità di tutto il mondo. Sono anche grandi consumatori di energia. In media, i supermercati consumano circa il 3-4% dell'elettricità annuale prodotta nei Paesi industrializzati³⁹.

L'UE dispone di un potenziale di calore in eccesso derivante dalla vendita al dettaglio di prodotti alimentari pari a un totale di 44 TWh all'anno⁴⁰. Sebbene sia significativamente inferiore al calore in eccesso proveniente dai siti industriali, equivale al calore generato dalla Repubblica

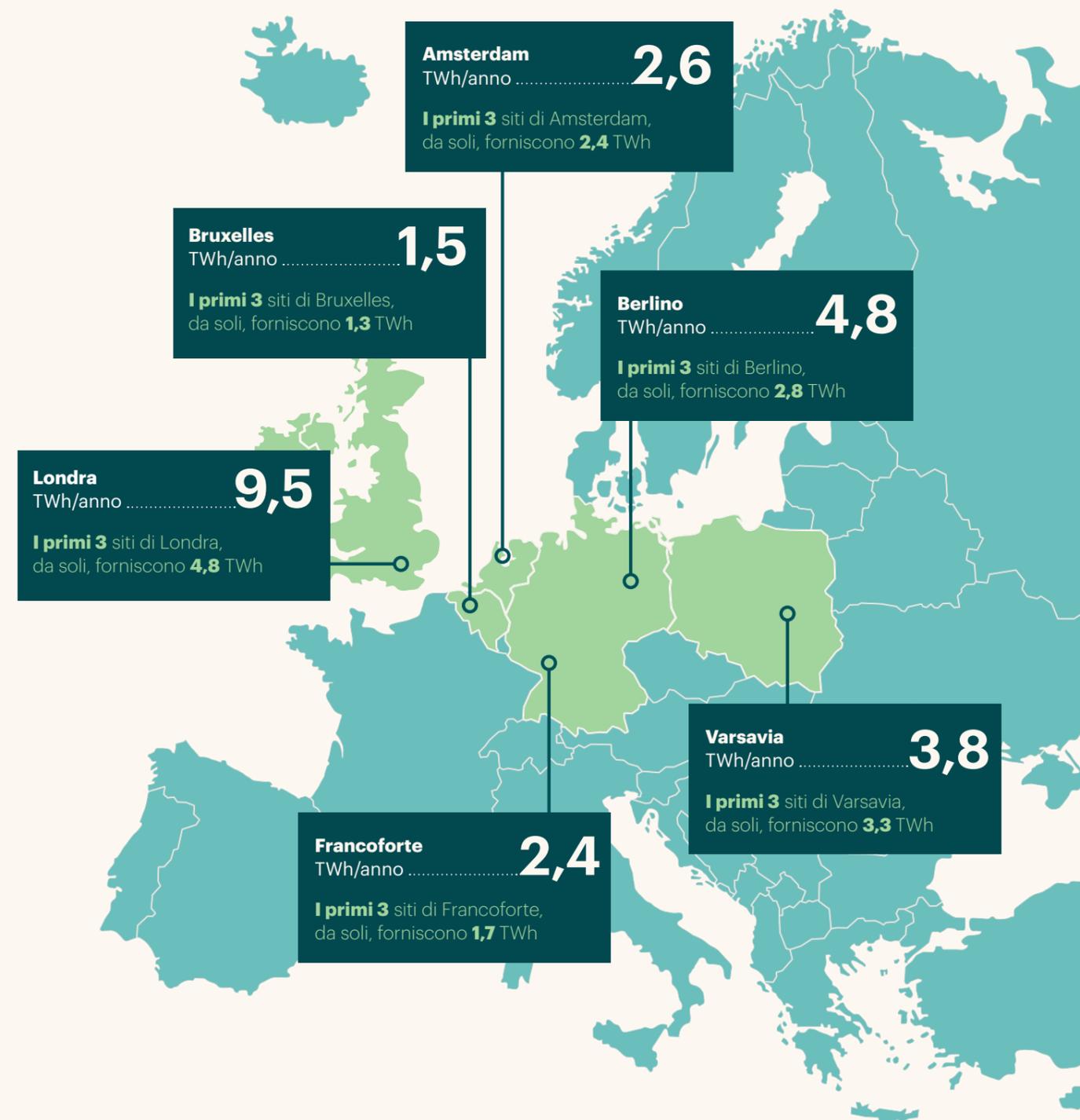
Ceca e dal Belgio nel 2021⁴¹. Inoltre il calore in eccesso dei supermercati può essere recuperato molto facilmente e riutilizzato nei supermercati stessi per riscaldare gli ambienti o fornire acqua calda. Tutto ciò che serve è che i proprietari dei supermercati implementino tecnologie già esistenti e collaudate. Come dimostra il caso dei supermercati, questo può addirittura contribuire a risparmi significativi sulle bollette energetiche, aspetto ancora più importante nel corso della crisi energetica attuale.

Gli impianti di trattamento delle acque reflue sono un'altra fonte considerevole di calore in eccesso, con un potenziale in tutta l'UE di 318 TWh di calore residuo accessibile all'anno. Anche se queste fonti di calore in eccesso sono inferiori al calore in eccesso dei siti industriali, insieme possono coprire una notevole quantità di consumo energetico nelle aree urbane.

Ad esempio, consideriamo la zona della Greater London⁴². L'area dispone di 648 fonti di calore in eccesso idonee, tra cui data center, stazioni della metropolitana, supermercati, impianti di trattamento delle acque reflue e impianti di produzione alimentare. Il calore in eccesso proveniente da queste fonti è di 9,5 TWh all'anno, circa la quantità di calore necessaria per riscaldare 790.000 abitazioni. I primi 3 siti da soli potrebbero fornire 4,8 TWh di calore all'anno.

Il grafico che segue mostra il potenziale di calore in eccesso di città selezionate nell'UE.

In media, il 78,8% del calore in eccesso raffigurato di seguito può essere fornito dai soli primi 3 siti delle città.



Come può essere utilizzato il calore in eccesso?

Le soluzioni esistono

Il calore in eccesso offre molti vantaggi. L'aumento dell'uso del calore in eccesso ridurrà la domanda complessiva di energia che, a sua volta, ridurrà i costi sia per i consumatori che per le aziende. Fornirà all'economia un impulso alla produttività poiché è molto più economico riutilizzare l'energia che acquistarla o produrla. L'utilizzo del calore in eccesso è un'alternativa più ecologica rispetto alla maggior parte delle altre fonti di energia e, per definizione, è efficienza energetica nella sua forma più pura. Inoltre, il calore in eccesso può contribuire a stabilizzare la rete elettrica poiché è un'alternativa ai vettori energetici ad alto valore come l'elettricità.

Esistono diversi modi per utilizzare il calore in eccesso. In linea di massima, le soluzioni vanno da quelle molto semplici che utilizzano il calore in eccesso per il riscaldamento nella stessa unità fino alle soluzioni più avanzate in termini di teleriscaldamento. Scopriamo più da vicino le opzioni.

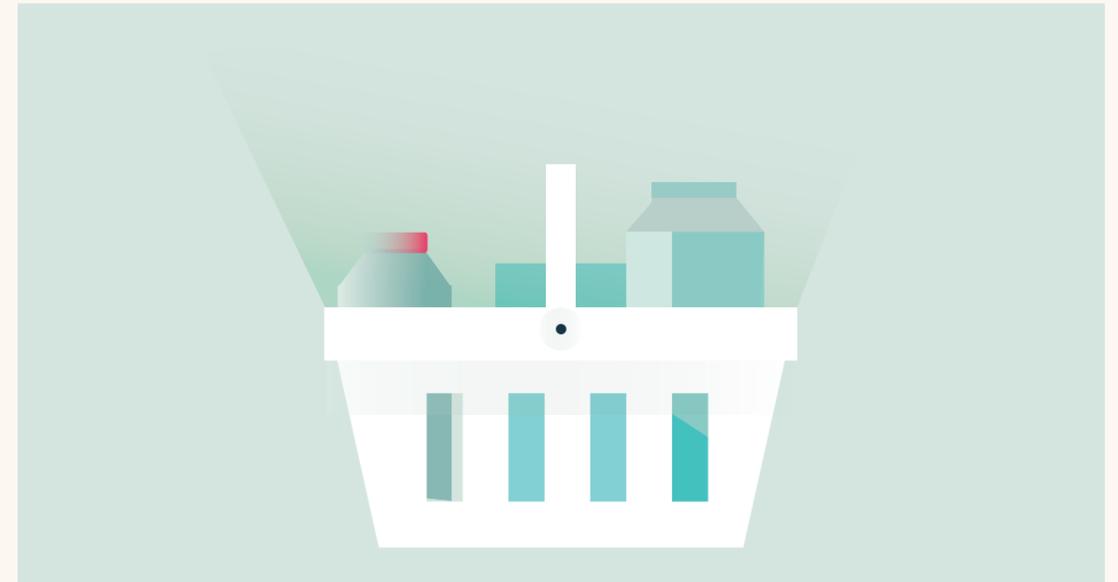
1. Riutilizzare il calore in eccesso nella stessa entità

Il calore in eccesso è presente in diversi luoghi. Ogni volta che si utilizza energia, c'è un potenziale di calore in eccesso. Più specificamente, il calore in eccesso si trova spesso nei processi di produzione o dove avvengono processi di riscaldamento, raffreddamento, congelamento e combustione.

Il modo più semplice per utilizzare il calore in eccesso è quello di reintegrarlo negli stessi processi (come ad esempio nel caso del supermercato). La temperatura del calore in eccesso varia a seconda del processo da cui proviene. Ad esempio, il calore in eccesso proveniente dalle industrie pesanti, come quelle chimiche e del cemento, ha una temperatura molto più alta rispetto al calore in eccesso proveniente dal raffreddamento degli edifici. A seconda della temperatura del calore in eccesso, il calore può essere utilizzato per scopi diversi. In generale, il calore in eccesso ad alta temperatura può essere utilizzato sia per processi industriali che per l'uso domestico, mentre le temperature più basse sono adatte all'uso domestico (ad esempio il riscaldamento di ambienti e acqua).

Un modo per utilizzare il calore residuo internamente è installare un'unità di recupero termico. Vale la pena prendere in considerazione un'unità di recupero termico in quasi tutti i casi in cui l'energia termica inutilizzata viene prodotta come «prodotto di scarto» per aumentare l'efficienza dell'impianto complessivo. Le unità di recupero termico rendono utilizzabile il calore residuo per processi a un livello di temperatura simile o inferiore. Come si può vedere nel caso dei supermercati, il calore in eccesso può essere utilizzato per riscaldare il negozio e produrre acqua calda sanitaria.

Caso: riutilizzo del calore in eccesso nei supermercati



Mantenere freschi i cibi nelle vetrine refrigerate e nei congelatori rappresenta la maggior parte del consumo energetico di un supermercato. Può sembrare illogico, ma le vetrine refrigerate, i congelatori e i frigoriferi producono una notevole quantità di calore. Chiunque abbia percepito il calore emesso dal proprio frigo può confermarlo. Questi sistemi di raffreddamento generano notevoli quantità di calore in eccesso, che spesso viene rilasciato direttamente nell'atmosfera e sprecato.

In una cittadina nel sud della Danimarca, il supermercato locale SuperBrugsen ha risparmiato una notevole quantità di energia riutilizzando e fornendo il calore in eccesso dei sistemi di raffreddamento.

Dal 2019, il 78% del consumo energetico di SuperBrugsen è coperto dal calore riutilizzato proveniente dai processi di raffreddamento. Inoltre, tramite la rete di teleriscaldamento, il supermercato ha venduto ad altri edifici locali 133,7 MWh.

Tre iniziative interconnesse hanno permesso di ottenere i risultati:

Innanzitutto, il supermercato è passato dai refrigeranti chimici a un refrigerante naturale, la CO₂, che ha ottime proprietà di recupero termico.

In secondo luogo, a SuperBrugsen è stata installata un'unità di recupero termico, progettata per recuperare il calore residuo dagli impianti di refrigerazione a CO₂. Il calore recuperato viene riutilizzato per riscaldare il negozio e produrre acqua calda sanitaria.

In terzo luogo, SuperBrugsen attua programmi di efficienza energetica per garantire un'efficienza a lungo termine. Sistemi di refrigerazione controllati, parametri tecnici ottimizzati e una regolare manutenzione hanno migliorato l'efficienza energetica e ridotto ulteriormente il consumo energetico.

2. Integrazione settoriale e pianificazione urbana intelligente

L'integrazione settoriale o accoppiamento settoriale si riferisce al processo di ottimizzazione della combinazione di almeno due diversi settori della domanda e della produzione di energia (ossia elettricità, riscaldamento, raffreddamento, trasporto e processi industriali). L'integrazione settoriale consiste nel massimizzare le sinergie tra i settori, convertendo e immagazzinando energia. Ciò può avvenire su piccola scala attraverso la pianificazione urbana o su larga scala attraverso le reti di teleriscaldamento (vedere di seguito). La pianificazione urbana può sfruttare il potenziale dell'integrazione settoriale e del calore in eccesso collegando i produttori di energia ai consumatori di energia attraverso una rete intelligente. Possono verificarsi grandi sinergie quando un produttore di calore in eccesso, ad esempio un data center, si trova vicino a entità che possono acquistare e utilizzare grandi quantità di calore in eccesso (ad esempio, l'orticoltura). L'analisi delle possibilità di tali sinergie tra produttori e utilizzatori di energia nella pianificazione urbana si chiama pianificazione di cluster industriali e contribuisce alla decarbonizzazione del nostro sistema energetico. Inoltre, è stato dimostrato che la collaborazione tra aziende vicine offre vantaggi economici sia all'acquirente che al venditore.

3. Teleriscaldamento

In molte parti del mondo, i sistemi di teleriscaldamento forniscono riscaldamento e raffreddamento ad abitazioni e aziende. Il teleriscaldamento è un sistema collettivo che fornisce riscaldamento o raffrescamento a un'intera area. La rete di teleriscaldamento attinge il calore da una combinazione di fonti, come quelle rinnovabili (solare, geotermica e biomassa) e quelle fossili, analogamente alle centrali elettriche, e lo distribuisce attraverso le tubature agli utenti finali sotto forma di acqua riscaldata. Oggi la maggior parte della produzione globale di teleriscaldamento si basa su combustibili fossili. Secondo l'AIE, il mondo

deve raddoppiare la quota di fonti verdi nel teleriscaldamento entro il 2030 per raggiungere le emissioni nette zero⁴⁸.

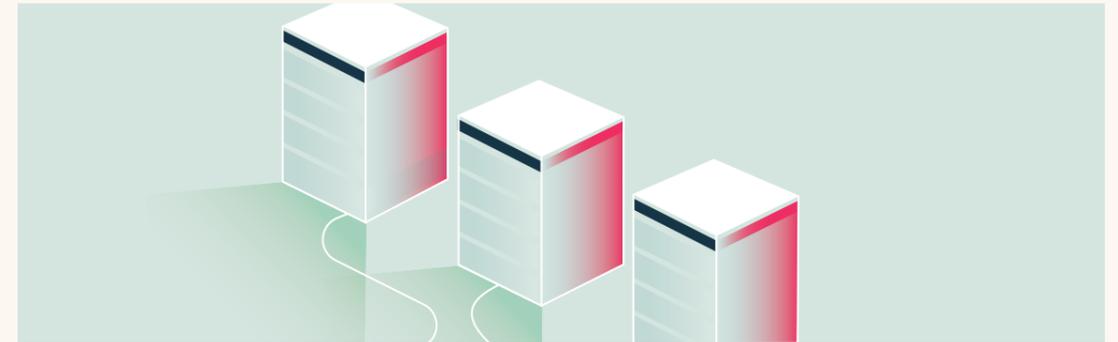
Raggiungendo questo obiettivo, contribuiremo ad abbattere le emissioni di anidride carbonica derivanti dalla produzione di calore di oltre un terzo.

Oggi i sistemi di teleriscaldamento consentono di fornire calore verde. Uno dei principali punti di forza dei sistemi di teleriscaldamento è la capacità di integrare diverse fonti di calore che possono eliminare i combustibili fossili dal mix di riscaldamento e raffreddamento. Con l'evoluzione della tecnologia del teleriscaldamento, sempre più fonti di calore sostenibile sono in grado di entrare nel sistema. Oggi il cosiddetto sistema di teleriscaldamento di quarta generazione consente di integrare fonti di calore a bassissima temperatura nel sistema di teleriscaldamento e di fornire riscaldamento a nuovi edifici in grado di funzionare a basse temperature. Il fatto che sempre più fonti di energia sostenibile possano essere utilizzate nel teleriscaldamento e nel teleraffrescamento pone questi sistemi al centro della transizione verde.

Un altro vantaggio fondamentale del teleriscaldamento è che supporta il bilanciamento della rete. Una delle sfide principali della decarbonizzazione della nostra rete e dell'aumento dell'elettrificazione è garantire che l'offerta soddisfi la domanda. Considerando il sistema energetico in modo olistico e collegando diverse fonti di energia, il teleriscaldamento consente un utilizzo flessibile dell'energia. Permette di compensare le differenze tra domanda e offerta in modo da poter sfruttare la massima capacità della rete. Con il progressivo aumento dell'uso delle energie rinnovabili e l'accelerazione dell'elettrificazione, il bilanciamento dei picchi sarà particolarmente importante.

Esistono già grandi sistemi di teleriscaldamento in Cina e in Europa, e altri ne verranno realizzati. La Danimarca è uno dei Paesi più efficienti dal punto di vista energetico al mondo, grazie soprattutto all'impiego diffuso del teleriscaldamento. Qui il 65% degli edifici soddisfa il proprio fabbisogno di calore con il teleriscaldamento, oltre la metà del calore proviene da fonti verdi come rifiuti, biomassa e calore in eccesso derivanti da vari processi commerciali⁴⁹.

Caso: il potenziale del calore in eccesso dei data center



I dati sono diventati la linfa vitale dell'odierna economia digitale globale: costituiscono la spina dorsale del flusso di informazioni e alimentano una serie di attività, dalle infrastrutture e i trasporti alla vendita al dettaglio e la produzione. Secondo l'AIE, nel 2021 i data center hanno consumato 220-320 TWh di elettricità, pari a circa lo 0,9-1,3% della domanda finale di elettricità a livello globale⁴³: un valore superiore al consumo di energia elettrica di alcuni Paesi⁴⁴.

I data center sono anche grandi produttori di calore in eccesso. I server all'interno di un data center generano una quantità di calore equivalente al loro consumo di elettricità; anche il necessario raffreddamento di queste macchine produce una quantità consistente di calore in eccesso. Rispetto ad altre fonti, il flusso di calore in eccesso proveniente dai data center è ininterrotto e pertanto costituisce fonte di energia pulita molto affidabile. Esistono numerosi esempi in cui il calore in eccesso dei data center può essere riutilizzato per riscaldare gli edifici vicini attraverso una microrete o può essere esportato nella rete di teleriscaldamento e utilizzato per vari scopi.

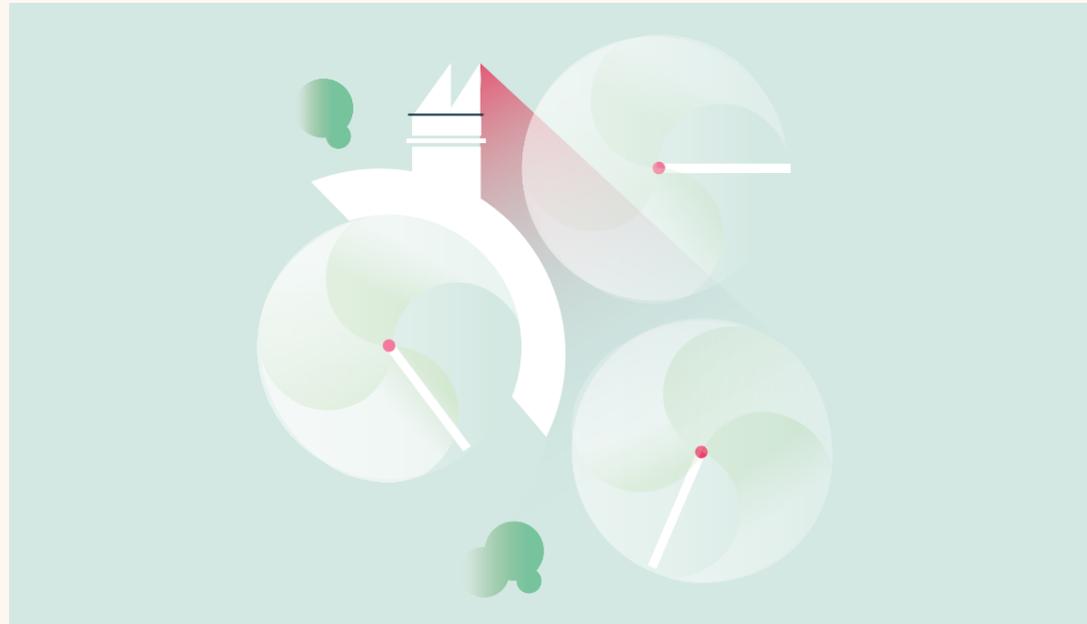
A Francoforte sul Meno sono in corso diversi progetti per aiutare la città a prelevare il calore in eccesso dai data center e a utilizzarlo

per soddisfare l'intera domanda di calore di abitazioni private e uffici. In termini matematici, si stima che entro il 2030 il calore residuo dei data center di Francoforte potrebbe soddisfare l'intera domanda di calore della città proveniente dalle abitazioni private e dagli edifici adibiti a uffici⁴⁵.

A Dublino, Amazon Web Services ha realizzato la prima soluzione sostenibile personalizzata d'Irlanda per fornire calore a basse emissioni di carbonio a una periferia in crescita della città. Inizialmente il data center, completato di recente, fornirà calore a 47.000 m² di edifici del settore pubblico. Fornirà calore anche a 3.000 m² di spazi commerciali e 135 appartamenti in affitto a prezzi accessibili⁴⁶.

In Norvegia, un data center è stato collocato con il primo allevamento terrestre di aragoste al mondo. L'azienda di co-locazione utilizza una soluzione di raffreddamento che sfrutta il fiordo per raffreddare il proprio data center; l'acqua di mare entra nell'impianto a 8 °C e viene poi reimpressa nel fiordo a 20 °C, la temperatura giusta per la crescita ottimale di un'aragosta. Per questo motivo, in futuro, verrà costruito un nuovo impianto di produzione nelle immediate vicinanze del data center, che consentirà di utilizzare l'acqua di mare riscaldata per l'allevamento di aragoste⁴⁷.

Caso: impianti di trattamento delle acque reflue come produttori di energia



Secondo l'AIE, il settore idrico globale utilizza circa 120 Mtep all'anno, quasi l'equivalente del consumo energetico totale dell'Australia⁵⁰. In assenza di interventi, il consumo energetico globale legato all'acqua aumenterà del 50% entro il 2030⁵¹.

Il settore idrico offre un notevole potenziale di risparmio energetico se si sfruttano tutti i potenziali di efficienza energetica economicamente disponibili, non da ultimo l'utilizzo dell'energia in eccesso.

Le acque reflue contengono notevoli quantità di energia incorporata. È possibile estrarre i fanghi dalle acque reflue e pomparli nei digestori. Questi fanghi producono biogas, soprattutto metano, che può essere bruciato per produrre calore ed elettricità. Di conseguenza, gli impianti di trattamento delle acque reflue hanno il potenziale di passare da consumatori a produttori di energia.

Ad Aarhus, in Danimarca, l'impianto di trattamento delle acque reflue di Marselisborg produce molta più energia di quella necessaria per il trattamento delle acque reflue per le 200.000 persone che serve.

Infatti, questo impianto produce così tanta energia da riuscire a soddisfare anche la domanda di acqua potabile. L'impianto di trattamento delle acque reflue di Marselisborg indica la strada verso un settore idrico neutro dal punto di vista energetico e mostra come separare l'energia dall'acqua. Questo impianto produce energia sufficiente a coprire l'intero ciclo idrico di un'area urbana di 200.000 persone, con un ritorno sull'investimento stimato di 4,8 anni.

Inoltre, il calore in eccesso degli impianti di trattamento delle acque reflue può riscaldare edifici e industrie attraverso i sistemi di teleriscaldamento.

Il riciclo del calore non è solo una misura trascurata nell'attuale crisi energetica, ma è anche la prossima frontiera della transizione verde

Politica

Raccomandazioni



Molti Paesi e città sono pronti a sfruttare l'energia sprecata nel loro territorio. Ciò vale in particolare per Paesi e città con un'intensa domanda di energia, che dispongono di un sistema di teleriscaldamento e grandi fonti di calore in eccesso. In un periodo caratterizzato dall'esplosione dei prezzi dell'energia, dalla carenza di gas e dalla crisi climatica, sarebbe un errore politico di proporzioni immense se i decisori di tutto il continente non riuscissero a sfruttare il calore in eccesso. Oltre a ciò, il ruolo del calore in eccesso nel futuro sistema energetico non potrà che crescere. La tecnologia per l'utilizzo del calore in eccesso a bassa temperatura (ad esempio il teleriscaldamento di quarta generazione) sta maturando e, nel futuro sistema energetico, le fonti di calore in eccesso come gli impianti Power-to-X cresceranno in modo significativo. È fondamentale che i decisori siano consapevoli di questo potenziale quando svolgono la pianificazione urbana e progettano il quadro finanziario e normativo per il futuro mercato energetico.



Regolamentare. In generale, il calore in eccesso deve essere considerato una risorsa energetica anziché un rifiuto da smaltire. Oggi esistono numerose barriere di mercato che impediscono agli operatori di sfruttare il potenziale del riutilizzo del calore in eccesso. La regolamentazione può eliminare queste barriere, ad esempio promuovendo un trattamento equo del calore residuo e delle fonti di energia rinnovabile utilizzati nelle reti di riscaldamento. Inoltre la regolamentazione può incentivare un maggiore utilizzo dell'energia in esubero rendendo obbligatorio un piano per lo sfruttamento del calore in eccesso per organizzazioni come data center o industrie.

In generale, la pianificazione obbligatoria in materia di calore consentirà alle città di tutta Europa di valutare il potenziale e di utilizzare al meglio le risorse disponibili a livello locale. In Danimarca, ad esempio, è stato chiesto ai comuni di mappare la domanda di calore esistente, il metodo di fornitura di calore esistente e le quantità di energia utilizzate. Sono state stimate anche le future possibilità di domanda e offerta. Sulla base di queste informazioni, sono stati elaborati piani energetici complessivi per indicare la priorità delle opzioni di fornitura di calore in una determinata area e per identificare le posizioni per le future unità e reti di fornitura di calore. A seconda del sistema energetico esistente, la pianificazione energetica può rivelare sia il potenziale su piccola scala (come la definizione di incentivi adatti per il recupero termico o il potenziale di cogenerazione di riscaldamento ed elettricità) sia il potenziale di opportunità su larga scala come la messa in opera del teleriscaldamento.

È fondamentale che l'ambito della pianificazione in materia di calore sia ampio e dettagliato e includa anche potenziali fonti future di calore in eccesso, come gli impianti Power-to-X.



Creare incentivi economici. Per migliorare ulteriormente l'efficienza energetica utilizzando l'energia sprecata, è essenziale eliminare sia le barriere finanziarie che quelle legislative. L'attuale struttura del mercato energetico costituisce, in molti casi, un ostacolo alle tecnologie di integrazione settoriale. Impedisce la partecipazione delle tecnologie di integrazione settoriale in mercati specifici, oppure non è in grado di internalizzare tutte le esternalità positive e negative delle tecnologie a bassa e ad alta intensità di carbonio. È fondamentale che la legislazione fiscale sia a favore dell'utilizzo del calore in esubero e che prenda in considerazione strutture tariffarie di rete adeguate. Inoltre, è necessario rimuovere le barriere amministrative per incentivare gli utenti a collegarsi alle reti di teleriscaldamento; ciò a sua volta spingerà le società di teleriscaldamento a incrementare la loro efficienza.



Creare partnership. L'utilizzo più sistematico del calore in eccesso è un esercizio che coinvolge settori e parti interessate. Le partnership tra autorità locali, fornitori di energia e fonti energetiche come supermercati, data center, impianti di trattamento delle acque reflue e industrie possono contribuire a massimizzare il pieno potenziale del calore in eccesso.

Riferimenti

1. Connolly, D., et al. (2013). Heat Roadmap Europe 2: Second Pre-Study for the EU27. Department of Development and Planning, Aalborg University, p. 54
2. Terrapin (2022). What Produces Waste Heat & How Can It Power Our Planet?
3. IEA (2022). The value of urgent action on energy efficiency, p. 7
4. IEA (2022). The value of urgent action on energy efficiency, p. 9
5. Connolly, D., et al. (2013). Heat Roadmap Europe 2: Second Pre-Study for the EU27. Department of Development and Planning, Aalborg University, p. 54
6. IEA (2022). The value of urgent action on energy efficiency, p. 9
7. IEA (2022). Renewable power's growth is being turbocharged as countries seek to strengthen energy security
8. IEA (2022). Never Too Early to Prepare for Next Winter: Europe's Gas Balance for 2023-2024, p. 3
9. Sgaravatti, G., Tagliapietra, S., Zachmann, G. (2021). National policies to shield consumers from rising energy prices, Bruegel Datasets
10. IEA (2022). Energy Efficiency, p. 22
11. <https://ec.europa.eu/research/participants/documents/downloadPublic?documentIds=080166e5be2fd8fb&appId=PPGMS>, p. 88
12. <https://ec.europa.eu/research/participants/documents/downloadPublic?documentIds=080166e5be2fd8fb&appId=PPGMS>, p. 34
13. Persson, U., Averfalk, H., Nielsen, S., & Moreno, D. (2020). ReUseHeat project - Accessible urban waste heat (Revised version), p. 19
14. Persson, U., Averfalk, H., Nielsen, S., & Moreno, D. (2020). ReUseHeat project - Accessible urban waste heat (Revised version)
15. Fleiter, T., et al. (2020). Documentation on excess heat potentials of industrial sites including open data file with selected potentials (Version 2). Zenodo
16. Persson, U., Averfalk, H., Nielsen, S., & Moreno, D. (2020). ReUseHeat project - Accessible urban waste heat (Revised version), p. 13
17. Persson, U., Averfalk, H., Nielsen, S., & Moreno, D. (2020). ReUseHeat project - Accessible urban waste heat (Revised version), p. 20
18. Nielsen S, Hansen K, Lund R, Moreno D. (2020). Unconventional Excess Heat Sources for District Heating in a National Energy System Context, p. 2
19. Moreno D., Nielsen S. & Persson U. (2022). The European Waste Heat Map. ReUseHeat project – Recovery of Urban Excess Heat
20. Euroheat & Power (2023). DHC Market Outlook, p. 3
21. Connolly, D., et al. (2013). Heat Roadmap Europe 2: Second Pre-Study for the EU27. Department of Development and Planning, Aalborg University, p. 54
22. Connolly, D., et al. (2013). Heat Roadmap Europe 2: Second Pre-Study for the EU27. Department of Development and Planning, Aalborg University
23. Heat demanded by residential and service sector buildings, also called “low-temperature heat demand”, according to 2015 data from the Heat Roadmap Europe 4. This demand doesn't cover industrial heat demand as required input temperatures are too high for excess heat recovery technologies.
24. <https://heatroadmap.eu/peta4/>
25. Heat Roadmaps – Heat Roadmap Europe
26. Luo, A., Fang, H., Xia, J., & Lin, B. (2017). Mapping potentials of low-grade industrial waste heat in Northern China. Resources, Conservation and Recycling, 125, 335-348
27. IEA (2022). The value of urgent action on energy efficiency, p. 8
28. IEA (2022). Energy Efficiency, p. 60
29. IEA (2022). Energy Efficiency, p. 26
30. IEA (2022). Energy Efficiency, p. 60
31. IEA (2022). Energy Efficiency, p. 21
32. Fleiter, T., et al. (2020). Documentation on excess heat potentials of industrial sites including open data file with selected potentials (Version 2). Zenodo, p. 59
33. <https://www.iea.org/countries/germany>, <https://www.iea.org/countries/poland>, <https://www.iea.org/countries/sweden>
34. Fleiter, T., et al. (2020). Documentation on excess heat potentials of industrial sites including open data file with selected potentials (Version 2). Zenodo, p. 71
35. IEA (2022). Energy Efficiency, p. 60
36. Persson, U., Averfalk, H., Nielsen, S., & Moreno, D. (2020). ReUseHeat project - Accessible urban waste heat (Revised version), p. 35
37. IEA (2022). Data Centres and Data Transmission Networks
38. Persson, U., Averfalk, H., Nielsen, S., & Moreno, D. (2020). ReUseHeat project - Accessible urban waste heat (Revised version), p. 36
39. European Commission (2016). SuperSmart – Expertise hub for a market uptake of energy-efficient supermarkets by awareness raising, knowledge transfer and pre-preparation of an EU Ecolabel, p. 11
40. Moreno D., Nielsen S. & Persson U. (2022). The European Waste Heat Map. ReUseHeat project – Recovery of Urban Excess Heat
41. <https://www.iea.org/countries/czech-republic> & <https://www.iea.org/countries/belgium>
42. Defined in this paper as the area within the M25.
43. IEA (2022). Data Centres and Data Transmission Networks
44. IEA (2022). Energy Statistics Data Browser
45. eco (2021). Data centres as Gamechangers for Urban Energy Supply: City of Frankfurt am Main Could Cover Most of its Heating Needs by 2030 with Waste Heat
46. DCD (2021). Heatworks breaks ground on AWS district heating scheme in Dublin, Ireland
47. Hatchery Feed Management (2021). Land-based lobster farming to use waste heat from data center
48. IEA (2022). District Heating
49. IEA (2022). District Heating
50. IEA (2018). World Energy Outlook 2018, p. 122
51. IEA (2018). World Energy Outlook 2018, p. 123

whyee.com

Scopri di più su come le soluzioni per l'efficienza energetica possono accelerare la transizione verde.

