



INTEGRAZIONE  
SETTORIALE

# Marselisborg, il percorso verso un settore idrico energeticamente neutrale



# La sfida:

Source: IEA (2021). Greenhouse Gas Emissions from Energy



## Edifici

|| **28%**

di tutte le emissioni di CO<sub>2</sub> legate all'energia proviene dagli edifici



## Industria

|| **39%**

di tutte le emissioni di CO<sub>2</sub> legate all'energia proviene dall'industria



## Trasporti

|| **27%**

di tutte le emissioni di CO<sub>2</sub> legate all'energia proviene dai trasporti



## Integrazione settoriale

Per fornire alle persone acqua e servizi igienico-sanitari sono necessarie enormi quantità di energia. Si tratta di una sfida sempre più grande da affrontare, vista l'evoluzione prevista in tutto il mondo e la crescita della popolazione globale. Oggi l'adozione di soluzioni economiche ed efficienti dal punto di vista energetico può ridurre i consumi legati al funzionamento del settore idrico, non da ultimo quello degli impianti di trattamento delle acque reflue.

**Se non si interviene, il consumo globale di consumo energetico legato al settore idrico aumenterà del 50% entro il 2030.<sup>1</sup>**



# La **soluzione**: trasformare gli impianti di trattamento delle acque reflue in produttori di energia

Ad Aarhus, in Danimarca, l'impianto di depurazione di Marselisborg (WWTP) produce molta più energia di quanta ne serva per trattare le acque reflue di 200.000 persone. Infatti, l'impianto di Marselisborg produce così tanta energia da poter soddisfare anche il fabbisogno energetico necessario per la fornitura di acqua potabile. L'impianto di depurazione di Marselisborg, pertanto, dimostra la fattibilità di un percorso verso un settore idrico neutrale dal punto di vista energetico, disaccoppiando il consumo di energia da quello di acqua.



L'impianto di depurazione di Marselisborg produce energia sufficiente a coprire i consumi dell'intero ciclo dell'acqua di un'area urbana di 200.000 persone, il tutto con un ritorno sull'investimento stimato in 4,8 anni.



Il calore in eccesso prodotto dagli impianti di trattamento delle acque reflue può riscaldare edifici e industrie attraverso sistemi di recupero del calore e reti di teleriscaldamento.



# L'acqua è fondamentale per combattere il cambiamento climatico

*Sfruttare il potenziale verde nella gestione delle acque reflue*

L'acqua è un elemento essenziale. Non solo come prerequisito per la stessa vita umana, ma anche come chiave per combattere il cambiamento climatico. Servono enormi quantità di energia per garantire alla popolazione l'accesso all'acqua potabile e ai servizi igienici - un servizio dichiarato diritto umano universale.

Secondo l'Agenzia Internazionale dell'Energia (IEA), il settore idrico consuma circa 120 Mtep all'anno a livello mondiale, quasi equivalente al consumo energetico totale dell'Australia.<sup>2</sup> Se non si interviene, il consumo globale di energia legato all'acqua aumenterà del 50% entro il 2030.<sup>3</sup> Il mondo ha bisogno di più acqua e meno emissioni di anidride carbonica. L'efficienza energetica offre una via per spezzare la curva.

Esiste un notevole potenziale di risparmio energetico nel settore idrico. Basta che si sfruttino tutte le soluzioni disponibili economicamente per migliorare l'efficienza energetica e il recupero di energia, in particolare per l'approvvigionamento di acqua potabile e il trattamento delle acque reflue.<sup>3</sup>

Un ovvio punto di partenza sono gli impianti di trattamento delle acque reflue, presenti nella maggior parte delle città del mondo. Gli impianti di depurazione sono spesso gestiti dai comuni e assorbono tra il 30% e il 40% della bolletta elettrica a carico degli enti locali.<sup>4</sup> Per le aziende che si occupano di acque reflue, la bolletta dell'elettricità costituisce il secondo costo operativo in ordine di grandezza, dopo la manodopera.<sup>5</sup>

Le acque reflue contengono quantità significative di energia incorporata, che può essere sfruttata efficacemente per rendere la gestione delle acque neutrale dal punto di vista energetico, producendo così la stessa quantità di energia consumata dagli impianti di depurazione e, con il giusto approccio, anche di più. Di conseguenza, gli impianti di trattamento delle acque reflue hanno il potenziale per trasformarsi da consumatori di energia a produttori di energia.

2. IEA (2018). World Energy Outlook 2018, p. 122.

3. IEA (2018). World Energy Outlook 2018, p. 123.

4. Copeland & Carter (2017). Energy-Water Nexus: The Water Sector's Energy Use, Congressional Research Service, p. 6.

5. Maktabifard, M., Zaborowska, E. & Makinia, J. (2018). Achieving energy neutrality in wastewater treatment plants through energy savings and enhancing renewable energy production, p. 655.





## Il depuratore di Marselisborg Impianto di trattamento delle acque reflue di Aarhus, Danimarca

**Proprietario:** Aarhus Vand

**Bacino di utenza:**  
200.000 PE (persone equivalenti)

**Profilo dell'edificio:**  
Più di 30 anni

# Gestione dell'acqua per 200.000 persone a zero emissioni

## *Il depuratore di Marselisborg*

Il trattamento delle acque reflue richiede processi ad alta intensità energetica, che funzionano a tutte le ore del giorno. L'energia viene utilizzata per pompare l'acqua dalle fognature fino agli impianti di trattamento, per farla circolare nelle vasche di aerazione e nei condotti interni. Una grande quantità di energia serve anche per fare funzionare l'impianto di trattamento fanghi.

Tuttavia, gli impianti di trattamento delle acque reflue hanno anche un grande potenziale per la produzione di energia, sia sotto forma di elettricità che di calore. Nella città di Aarhus, il depuratore di Marselisborg, gestito da Aarhus Vand, è riuscito a ridurre il consumo netto di energia aumentando internamente la produzione di energia al tal punto che, in media, ora autoproduce energia quasi sufficiente a soddisfare le esigenze dell'intero ciclo dell'acqua del suo bacino d'utenza, vale a dire sia la fornitura di acqua potabile, sia il trattamento delle acque reflue, disaccoppiando così il ciclo dell'acqua dall'energia.

Questo risultato fondamentale è il frutto di una strategia a due livelli: ridurre il consumo di energia e aumentare l'autoproduzione di energia.

Nel 2005, Aarhus Vand ha iniziato a migliorare l'efficienza energetica dell'impianto di depurazione di Marselisborg. Quasi tutte le apparecchiature equipaggiate con un motore elettrico per la gestione del ciclo dell'acqua, 290 in totale, sono state dotate di inverter, che danno la possibilità di controllare la velocità di rotazione in modo ottimale con il minimo dispendio di energia.

Inoltre, in tutto l'impianto di depurazione sono stati montati numerosi sensori, che forniscono informazioni critiche in tempo reale e che, a loro volta, consentono il calcolo automatico dei parametri di regolazione ottimali per gli azionamenti a velocità variabile. Così facendo, l'impianto di trattamento acque reflue di Marselisborg è diventato ad altissima efficienza energetica.

Ma l'impianto di depurazione di Marselisborg è anche una bioraffineria che produce energia. Nel 2010, Aarhus Vand ha iniziato a migliorare anche questo aspetto legato al trattamento delle acque reflue. L'impianto genera energia dal biogas creato dalle acque reflue domestiche. I fanghi vengono estratti dalle acque reflue e pompati nei digestori che producono biogas, soprattutto metano, il quale viene poi bruciato per produrre calore ed elettricità.

Nel periodo compreso tra il 2016 e il 2021, il depuratore di Marselisborg ha prodotto quasi il 100% in più di energia di quella necessaria per il trattamento delle acque reflue. L'energia autoprodotta può essere utilizzata per rifornire di acqua potabile la zona. Ciò significa che il depuratore di Marselisborg produce una quantità di energia sufficiente per soddisfare il fabbisogno dell'intero ciclo idrico del bacino di utenza, sia per l'acqua potabile che per le acque reflue, disaccoppiando essenzialmente l'acqua dall'energia. Si stima che l'ottimizzazione dei processi e la digitalizzazione abbiano contribuito al 70% dei miglioramenti ottenuti.







# Disaccoppiare l'acqua dall'energia



## **L'energia per il trattamento acque**

**L'energia utilizzata per il trattamento e la distribuzione di acqua** serve per far funzionare il sistema di pompaggio delle acque sotterranee, il sistema per la potabilizzazione delle acque di falda e il sistema di pompaggio dell'acqua potabile fino ai consumatori nel bacino d'utenza.

**L'energia utilizzata per il trasporto delle acque** reflue serve per far funzionare le stazioni di pompaggio che trasportano le acque reflue dai consumatori verso l'impianto di depurazione.





## L'energia prodotta dal depuratore di Marselisborg copre quasi per intero il fabbisogno del ciclo dell'acqua

### Consumo energetico 2016-2021 Media

Trattamento acque, distribuzione (kWh)	3.3 mill
Trasporto acque reflue (kWh)	0.7 mill
Depuratore di Marselisborg (kWh)	3.3 mill
<b>Consumo energetico totale (kWh)</b>	<b>7.2 mill</b>

### Produzione di energia

Produzione energia elettrica (kWh)	4.7 mill
Produzione calore (kWh)	2.1 mill
<b>Totale energia prodotta (kWh)</b>	<b>6.8 mill</b>

### Tasso di autoproduzione

Processo di depurazione, elettricità e calore (%)	208%
---	------

**Ciclo totale dell'acqua, Bacino di Marselisborg 94%**



Ritorno dell'investimento stimato in **4,8 anni** in media tra il 2005 e il 2016.

# Da consumatore a produttore di energia

*Una guida al trattamento efficiente delle acque*

L'impianto di depurazione di Marselisborg rappresenta un modello per affrontare un percorso di trasformazione verso un settore idrico neutrale dal punto di vista energetico per le città di tutto il mondo. In termini semplici, sono necessari due passi: astenersi dall'utilizzare energia non necessaria e utilizzare l'energia incorporata nelle acque reflue.





# 1. Definire una linea di riferimento

## Misurare

I contatori indicano quanta energia viene utilizzata per l'approvvigionamento di acqua potabile e il trattamento delle acque reflue.

## Valutare

Individuare le opportunità di risparmio energetico più interessanti.

# 2. Ridurre il consumo energetico

## Digitalizzazione locale

Realizzare i circuiti di controllo locale installando sensori in tempo reale e azionamenti a velocità variabile dove c'è il potenziale per garantire un uso più efficiente dell'energia.

## Componenti efficienti

Passare a componenti più efficienti, ad esempio turbosoffianti ad alta velocità.

## Digitalizzazione olistica

Combinare i circuiti di controllo locali in un processo olistico, automatico e in tempo reale, basato su un sistema di controllo digitale dell'intero impianto.

# 3. Aumentare la produzione di energia

## Digitalizzazione olistica

La scelta di un adatto sistema di controllo di processo per ottenere un risparmio energetico crea un doppio effetto. Si risparmia energia e si rende disponibile una maggiore quantità di fanghi per la produzione di biogas, che può essere trasformato in elettricità o calore attraverso il processo di cogenerazione (CHP).

# L'integrazione settoriale aumenta il potenziale del trattamento delle acque reflue

La fornitura calore e acqua calda sanitaria agli edifici è responsabile di quasi la metà del consumo finale di energia, gran parte della quale proviene dalla combustione di carbone, petrolio e gas naturale.<sup>7</sup>

In molte parti del mondo, i sistemi di teleriscaldamento forniscono alle case e alle aziende il riscaldamento e il raffrescamento. I sistemi di teleriscaldamento prelevano il calore dai processi industriali, come ad esempio le centrali elettriche, e lo distribuiscono attraverso tubature agli utenti finali sotto forma di acqua riscaldata. Il teleriscaldamento è un sistema collettivo che alimenta un'intera area. Esistono grandi sistemi di teleriscaldamento attivi in Cina, Russia ed Europa, e molti altri sono in arrivo.

Oggi, la maggior parte dei sistemi di teleriscaldamento è basata sull'utilizzo dei combustibili fossili.<sup>8</sup>

Secondo l'Agenzia Internazionale dell'Energia (IEA), nel mondo bisognerà aumentare la quota di fonti di energia verdi che alimentano i sistemi di teleriscaldamento dall'attuale 8% a circa il 35% nel 2030, per raggiungere l'obiettivo delle zero emissioni nette. Se ci riusciremo, ciò contribuirà a ridurre le emissioni di carbonio derivanti dalla generazione di calore di oltre un terzo.<sup>9</sup>

**Le soluzioni per raggiungere questo obiettivo, e anche per superarlo sono già disponibili.**

La Danimarca è uno dei Paesi più efficienti al mondo dal punto di vista energetico e l'utilizzo diffuso del teleriscaldamento è uno dei motivi

7. IEA (2021). Heating, IEA.

8. IEA (2021). Heating, IEA.

9. IEA (2021). Heating, IEA.

10. Danish Energy Agency (2022). Danish Experiences on District Heating



# Impianto di depurazione di Taarnby

Nel comune di Taarnby, nei dintorni di Copenaghen, un nuovo centro energetico fornisce sia il teleraffrescamento che il teleriscaldamento alle aziende e ai cittadini. La centrale energetica utilizza il calore in eccesso del vicino impianto di depurazione delle acque reflue per fornire riscaldamento in inverno e raffreddamento in estate. Il calore in eccesso viene estratto da quattro pompe di calore di grandi dimensioni e si traduce in costi, consumi energetici ed emissioni ridotte. La simbiosi tra il calore in eccesso dell'impianto di depurazione, il teleriscaldamento, il teleraffrescamento e la rete elettrica è un perfetto esempio di integrazione settoriale: il

riutilizzo e il riciclo dell'energia collegando i diversi sistemi e settori di utilizzo finale.

Le pompe di calore possono recuperare il calore proveniente dagli scarichi delle acque reflue. La temperatura dell'acque reflue in uscita è in genere di 7-9 °C superiore a quella delle acque in ingresso, migliorando l'efficienza della pompa della pompa di calore e garantendo tempi di ammortamento più brevi. Il calore in eccesso può essere esportato verso edifici vicini o immesso nel sistema di teleriscaldamento locale, un esempio di accoppiamento settoriale.

Source: Rambøll (2020). Varmepumper på spildevand giver både fjernkøling og varme i Tårnby.

principali.<sup>10</sup> In Danimarca, il 65% delle famiglie è collegata al teleriscaldamento e oltre il 70% del calore proviene da fonti verdi, come i rifiuti, la biomassa, l'energia eolica e il calore in eccesso recuperato da vari processi commerciali.<sup>11</sup>

Il Comune di Sønderborg, in Danimarca, non fa eccezione. Dal 2007, le emissioni di carbonio dovute al riscaldamento degli ambienti e all'acqua calda sanitaria sono diminuite del 73% e i sistemi di teleriscaldamento hanno svolto un ruolo chiave per ottenere questo risultato. Inoltre, la quota di teleriscaldamento alimentato a gas naturale si è ridotta dal 70% di allora all'8% di oggi.<sup>12</sup>

Uno dei principali punti di forza dei sistemi di teleriscaldamento è la loro capacità di integrare diverse fonti di calore, in grado di escludere i combustibili fossili dal mix di fonti utilizzate per

il riscaldamento e il raffrescamento degli edifici. Grazie al miglioramento dell'efficienza energetica degli impianti, le temperature di funzionamento delle reti di teleriscaldamento si sono abbassate nel tempo, il che consente di introdurre nel sistema un numero ancora maggiore di fonti verdi.<sup>13</sup>

Tra queste vi è anche il calore in eccesso, non da ultimo quello proveniente dagli impianti di depurazione, che hanno un enorme potenziale. Secondo l'Associazione Danese per l'Acqua e le Acque Reflue (DANVA), il potenziale di calore in eccesso proveniente dagli impianti di trattamento delle acque reflue in Danimarca, un paese di 5,8 milioni di abitanti, corrisponde a 600-700 MW. È l'equivalente di due centrali elettriche abbastanza grandi, il che significa un potenziale per riscaldare circa il 20% di tutte le abitazioni con calore a emissioni zero.<sup>14</sup>

11. Dansk Fjernvarme (2022). Fakta om Fjernevarme.

12. ProjectZero (2021). Monitoring report 2020 Sønderborg Municipality, p. 38-39 & 41.

13. Thorsen, J. E., Lund, H., & Mathiesen, B. V. (2018). Progression of District Heating – 1st to 4th generation.

14. DANVA (2020). Flere udnytter varmen i Spildevandet.

# Ridurre l'energia utilizzata per il trattamento acque è possibile in **tutto** **il mondo**

Oggi più del 60% della popolazione mondiale non ha accesso a strutture igienico-sanitarie sicure e solo il 20% delle acque reflue viene trattato<sup>15</sup>. Raggiungere l'obiettivo di sostenibilità definito dalle Nazioni Unite per l'acqua e i servizi igienico-sanitari (SDG 6) di fornire acqua pulita e servizi igienico-sanitari a tutti gli abitanti costituisce una sfida molto seria. Il raggiungimento di questo obiettivo ha un impatto significativo sulla spesa energetica di un comune, ma anche sugli sforzi per combattere il cambiamento climatico. Le emissioni di carbonio delle acque reflue non trattate sono circa tre volte superiori a quelle generate dagli impianti di depurazione convenzionali.<sup>16</sup>

L'impianto di depurazione di Marselisborg è il perfetto esempio di come trasformare un impianto di trattamento delle acque reflue in un'impresa energeticamente positiva, in grado di produrre più energia rispetto al proprio fabbisogno. Se altre città daranno priorità ai nuovi impianti necessari per raggiungere gli obiettivi di sostenibilità delle Nazioni Unite, come l'esempio dell'impianto di depurazione di Marselisborg dimostra, si otterrà un risparmio energetico di circa 650 TWh a livello globale. Ciò equivale a una quantità di energia superiore a quella prodotta da tutte le centrali elettriche a carbone dell'Unione Europea.<sup>16</sup>





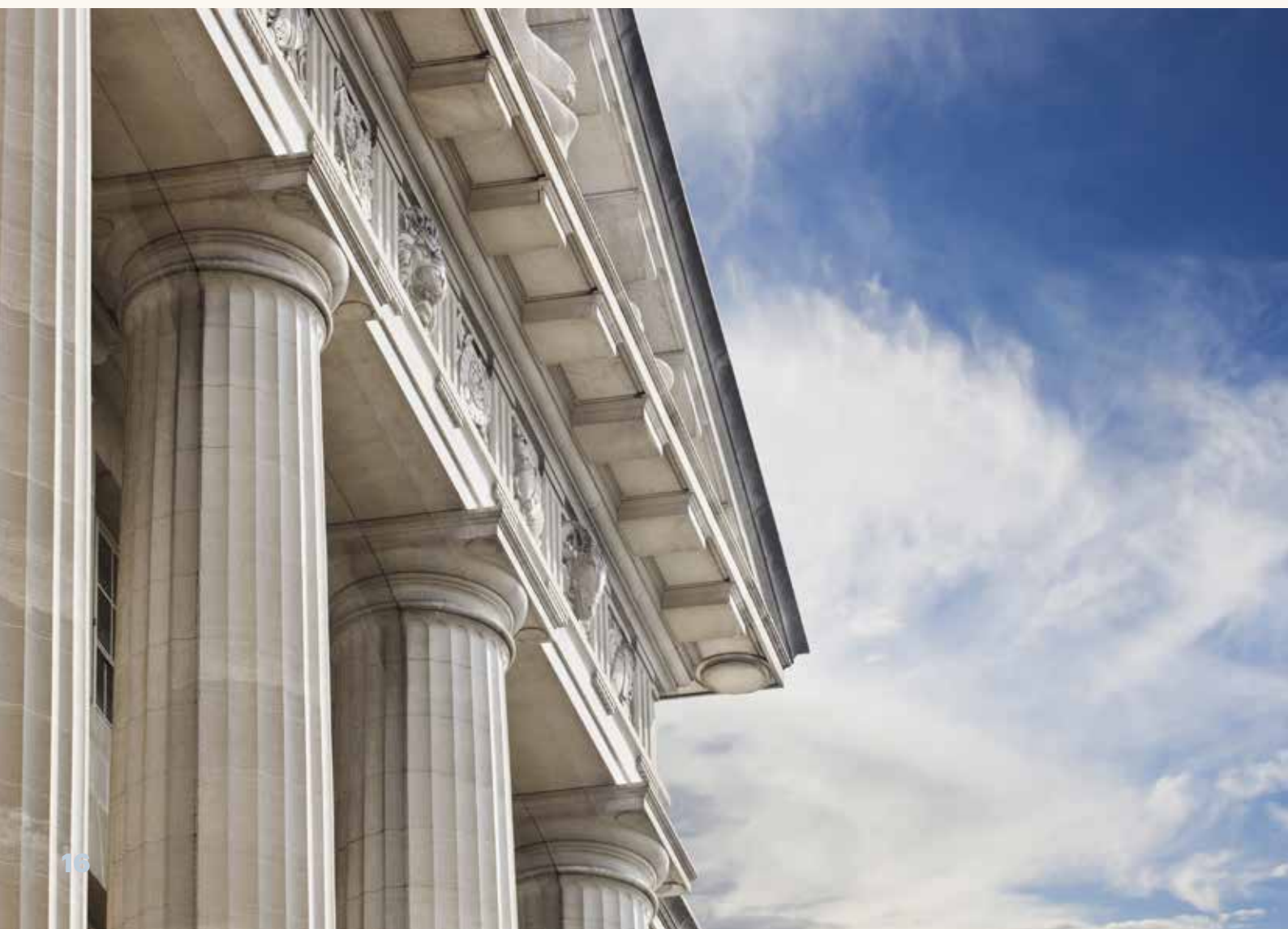


## Desalinizzazione ad alta efficienza energetica a Sarroch, in Italia

I grandi impianti idrici possono ridurre il consumo di elettricità e le emissioni di carbonio sfruttando le tecnologie esistenti. A Sarroch, sulla costa meridionale della Sardegna, si trova il più grande impianto di produzione di acqua ultrapura più grande del Mediterraneo. La centrale elettrica locale di Sarlux e la raffineria di Saras necessitavano di acqua demineralizzata per le loro attività, pertanto la proprietà decise di costruire un impianto di desalinizzazione a osmosi inversa dell'acqua di mare (SWRO) per soddisfare le loro esigenze a costi inferiori. Grazie all'uso di pompe ad alta pressione, azionamenti a velocità variabile e trasmettitori di pressione, l'impianto SWRO ha ridotto drasticamente i costi, rifornendo al contempo la centrale elettrica e la raffineria con acqua demineralizzata di alta qualità.

# Strumenti utili

*Un riutilizzo più sistematico dell'energia sprecata in tutti i settori rappresenta un enorme potenziale di efficienza energetica non ancora sfruttato e costituisce un'importante opportunità per l'industria, i governi e i cittadini di risparmiare denaro, migliorare la competitività e ridurre la volatilità dei prezzi del sistema energetico. Le tecnologie esistono, ma i risultati dipendono da uno sforzo di pianificazione continuo, sistematico e a lungo termine, supportato da un quadro normativo adeguato. Ecco alcune delle considerazioni e misure chiave che le autorità governative possono utilizzare per promuovere la realizzazione di un sistema energetico più efficiente.*



## Stabilire dei requisiti minimi



Alzare l'asticella dell'impegno fissando obiettivi e livelli prestazionali da raggiungere - un esempio potrebbe essere la pianificazione energetica obbligatoria. In generale, cominciare a considerare i rifiuti come una risorsa energetica, invece che come un problema di smaltimento. Quasi tutti i rifiuti possono essere utilizzati per la produzione di energia, sia che si tratti di calore o raffreddamento in eccesso, sia che si parli di fanghi provenienti dai depuratori o di rifiuti domestici. La pianificazione energetica inizia con una visione strategica del calore in eccesso. Per esempio, in Danimarca è stato chiesto ai comuni di tracciare una mappa del fabbisogno di calore esistente, dei metodi utilizzati correntemente per la generazione di calore e delle quantità di energia utilizzate. Inoltre, i comuni possono anche stimare la domanda futura e le possibili fonti di approvvigionamento. Sulla base di tali informazioni, è possibile redigere dei piani energetici complessivi, per indicare le priorità delle opzioni di fornitura di calore disponibili in una determinata area e identificare le potenziali ubicazioni delle future unità di generazione del calore e delle reti di teleriscaldamento.

A seconda del sistema energetico esistente, la pianificazione energetica può sia rivelare l'esistenza di fonti potenziali su piccola scala (come la definizione di incentivi coerenti per il recupero del calore o il potenziale della cogenerazione di riscaldamento ed elettricità), ma anche rivelare il potenziale di opportunità su scala più ampia, come l'introduzione del teleriscaldamento.

## Prevedere degli incentivi economici



Per migliorare ulteriormente l'efficienza energetica utilizzando l'energia sprecata, è fondamentale eliminare le barriere finanziarie e legislative. L'attuale struttura del mercato dell'energia è, in molti casi, un impedimento all'utilizzo delle tecnologie di integrazione settoriale, poiché ostacola il loro inserimento in specifici mercati, oppure perché non internalizza tutte le esternalità positive e negative rispettivamente legate alle tecnologie a bassa e ad alta intensità di carbonio. Ad esempio, gli impianti di produzione da energia a gas vengono talvolta trattati come consumatori finali, e pertanto devono sostenere i costi dell'energia elettrica necessaria al loro funzionamento che includono anche tasse e imposte a essi applicabili. Pertanto, si dovrebbe fare in modo che i mercati dell'energia riflettessero le esternalità positive e negative, al fine di mettere in condizioni di parità tutte le tecnologie e i vettori che contribuiscono alla fornitura di energia. Andrebbero presi in considerazione aspetti quali segnali di prezzo dell'energia che riflettano i costi, un'adeguata tariffazione del carbonio, accessibilità e liquidità del mercato e strutture tariffarie di rete adeguate.

## Definire delle partnership

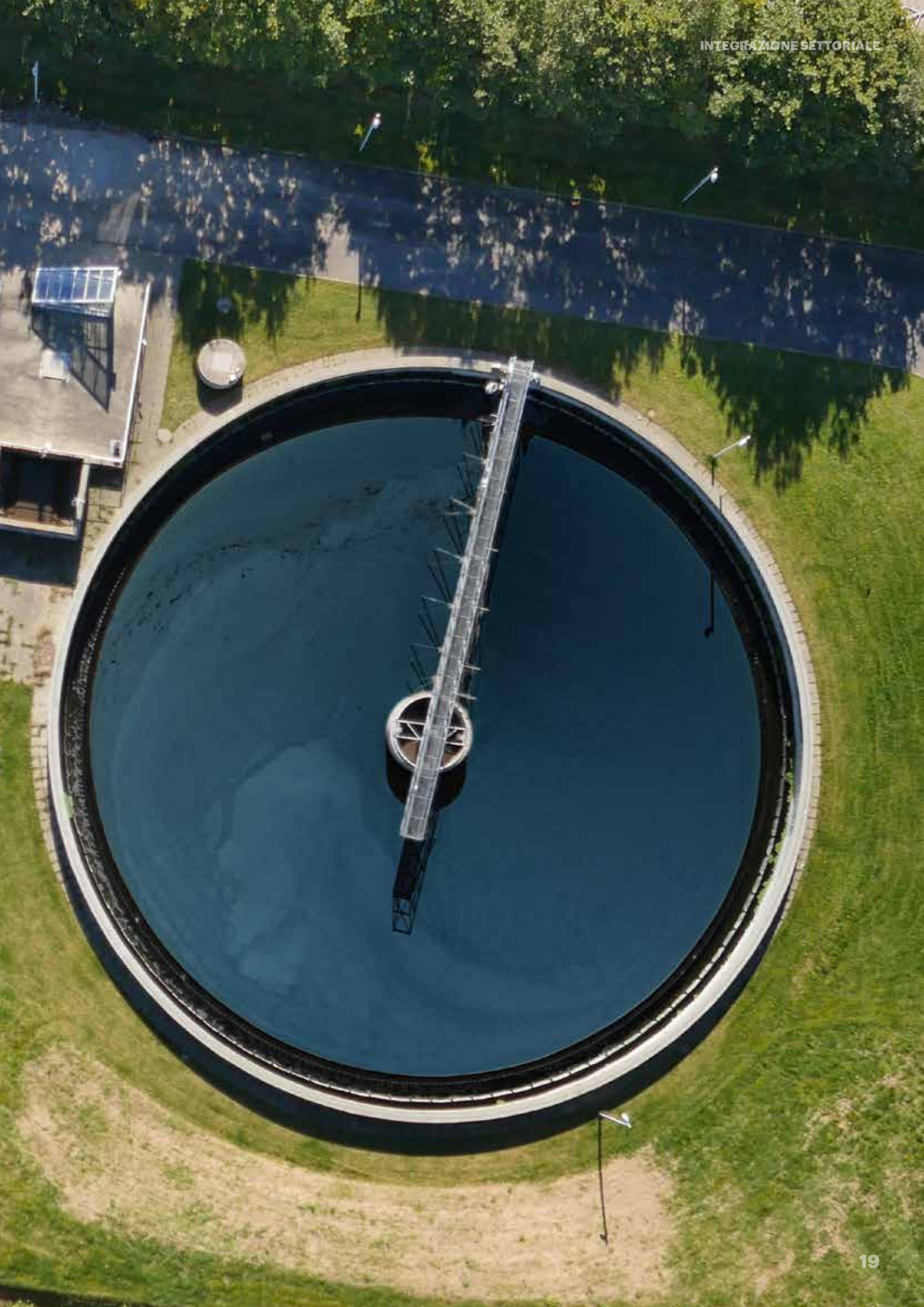


Un utilizzo più sistematico del calore in eccesso è, di base, un metodo che abbraccia molteplici settori e parti interessate. Le partnership tra autorità locali, fornitori di energia e fonti energetiche, come supermercati, centri dati, impianti di depurazione e industrie, possono contribuire a massimizzare il potenziale del calore in eccesso.









# whyee.com

La combinazione di più fonti energetiche in un sistema integrato accelera il percorso verso le emissioni zero.  
Le soluzioni ci sono.

