
RESEARCH REPORT
N. 2
JUNE 2020

VALUTAZIONE ECONOMICA DEI BENEFICI SOCIALI DELLO SVILUPPO DEL TELERISCALDAMENTO IN ITALIA

Annamaria Bagaini

Edoardo Croci (scientific supervisor)

Tania Molteni

Federico Pontoni

Giulia Vaglietti

In collaboration with



Università
Bocconi

GREEN
Centre for Geography,
Resources, Environment,
Energy and Networks



ABSTRACT

Il presente studio si pone l'obiettivo di individuare e selezionare le più corrette metodologie di calcolo dei benefici socioeconomici connessi al teleriscaldamento, proponendo un modello standardizzato di valutazione. Lo studio riporta una revisione della letteratura riferita ai modelli adottati a livello internazionale per determinare e categorizzare i benefici apportati dallo sviluppo di sistemi di teleriscaldamento.

Nonostante siano emersi dalla letteratura numerosi benefici ascrivibili al teleriscaldamento, solo alcuni di questi vengono quantificati e monetizzati in relazione agli impatti economici e sociali. Sono stati quindi definiti otto indicatori, suddivisi in benefici per il sistema energetico, per l'ambiente e per il consumatore finale. Questi sono stati successivamente inseriti in un modello di analisi costi benefici, che è considerata una delle migliori metodologie per orientare e supportare i processi decisionali, sia pubblici che privati. Per valutare i benefici per il sistema energetico sono stati individuati 4 indicatori (Incremento di efficienza energetica, Incremento della sicurezza degli approvvigionamenti, Incremento della sicurezza del sistema elettrico, Recupero del calore di scarto), per valutare i benefici ambientali sono stati scelti tre indicatori (Riduzione delle emissioni di CO₂, Riduzione degli inquinanti locali, Riduzione delle superfici di stoccaggio dei rifiuti), mentre per valutare i benefici per il consumatore è stato selezionato un unico indicatore composito, riassumibile nell'incremento del comfort domestico. Per ciascun beneficio è stata individuata la metodologia di calcolo più adatta a valutare gli impatti socioeconomici, in grado di evitare problematiche come quella del *double-counting* e adattabile a diversi casi studio.

A seguito di un'attenta ricognizione dello stato dell'arte del teleriscaldamento in Italia e del quadro normativo in cui opera, la metodologia proposta può fornire un importante supporto per la valutazione dei benefici generati dallo sviluppo di teleriscaldamento in Italia.



Table of Contents

ABSTRACT	2
ACRONIMI UTILIZZATI.....	4
1. INTRODUZIONE	5
1.1. <i>Obiettivi.....</i>	5
1.2. <i>Il sistema teleriscaldamento</i>	6
1.3. <i>Quadro regolativo e di policy.....</i>	8
1.4. <i>Il teleriscaldamento in Italia: stato dell'arte ed evoluzione.....</i>	10
1.5. <i>I benefici del teleriscaldamento: analisi della letteratura</i>	12
1.6. <i>L'analisi costi e benefici per i sistemi energetici: cenni</i>	17
1.7. <i>L'analisi costi e benefici per il teleriscaldamento: elementi.....</i>	21
2. CATEGORIZZAZIONE E VALUTAZIONE ECONOMICA DEI BENEFICI DEL Teleriscaldamento	23
2.1. <i>Definizione di beneficio economico e criteri di categorizzazione</i>	23
2.2. <i>Definizione di scenario e di analisi economica differenziale.....</i>	24
2.3. <i>Le categorie di benefici e i metodi di valutazione economica di ciascuno.....</i>	25
2.3.1. <i>Benefici per il sistema energetico</i>	27
2.3.1.1. <i>Incremento di efficienza energetica</i>	27
2.3.1.2. <i>Incremento della sicurezza degli approvvigionamenti</i>	27
2.3.1.3. <i>Incremento della sicurezza del sistema elettrico</i>	28
2.3.1.4. <i>Recupero del calore prodotto da cascami termici</i>	29
2.3.2. <i>Benefici ambientali</i>	30
2.3.2.1. <i>Riduzione delle emissioni di CO2</i>	30
2.3.2.2. <i>Riduzione degli inquinanti locali</i>	31
2.3.2.3. <i>Riduzione delle superfici impiegate per lo stoccaggio dei rifiuti</i>	32
2.3.3. <i>Benefici residuali per l'utente finale</i>	33
2.3.3.1. <i>Comfort, recupero di superfici ed esclusione dei vettori pericolosi dall'ambiente domestico.....</i>	33
3. CONCLUSIONI	35
BIBLIOGRAFIA	38



ACRONIMI UTILIZZATI

ACB - Analisi Costi Benefici

AD - Analisi Differenziale

DAP - Disponibilità a pagare

EENS - Expected Energy not Supplied

ENTSO-E - European Network of Transmission System Operators for Electricity

ETS - Emission Trading Scheme

FER - Fonti di Energia Rinnovabile

GHG - Green House Gas (gas climalteranti)

PIL - Prodotto Interno Lordo

SCC - Social Cost of Carbon

SCP - Social Cost of Pollution

TLR - Teleriscaldamento

VOLL - Value of Lost Load

Tep - tonnellate equivalenti di petrolio



1. INTRODUZIONE

1.1. Obiettivi

La finalità principale di questo studio è classificare i benefici economici e sociali generati dai sistemi di teleriscaldamento, nonché definire le migliori metodologie per la loro valutazione. A tal fine è stata effettuata una revisione della letteratura scientifica disponibile, che ha consentito di categorizzare le esternalità secondo tre principali categorie di benefici: per il sistema energetico, per l'ambiente e per l'utente finale. Sono state quindi individuate le più idonee metodologie di valutazione per ciascun beneficio nell'ambito delle tre categorie richiamate. Per ognuno di essi è stato riportato il modello di calcolo e la letteratura di riferimento. L'applicazione di tali metodologie consente di valutare le performance dei sistemi di teleriscaldamento dal punto di vista dei benefici economici. Obiettivo finale è quello di fornire un modello di valutazione economica per lo sviluppo di nuovi impianti e reti di riscaldamento, anche a seguito dell'innovazione delle normative e delle strategie nazionali riferite più in generale alla transizione energetica.

Lo studio si struttura in due principali sezioni. La prima, descrittiva, illustra le caratteristiche tecniche del sistema di teleriscaldamento e il quadro regolatorio e di policy (sezione 1.2 e 1.3), lo stato dell'arte e i futuri trend di crescita nel contesto italiano (sezione 1.4). Nella prima parte vengono inoltre presentati i risultati della review della letteratura di riferimento e le metodologie per la valutazione economica dei benefici derivabili da progetti di investimento, tra cui l'analisi costi-benefici (sezioni da 1.5 a 1.7).

La seconda sezione presenta le caratteristiche dell'analisi costi benefici associata al teleriscaldamento (sezione 2.1 e 2.2), e associa i criteri di valutazione e le correlate metodologie alle varie categorie di benefici individuati (sezione 2.3).



1.2. Il sistema teleriscaldamento

Le prime tracce dell'esistenza del teleriscaldamento possono esser fatte risalire al Medioevo. Nel 1332 i cittadini di Chaudes-Aigues (FR) ricevevano mediante delle condutture in legno acqua riscaldata da una fonte geotermica, per il cui servizio, a oggi ancora in funzione, veniva corrisposto un canone.

Quasi cinquecento anni dopo l'ingegnere idraulico statunitense Birdsill Holly realizzò il primo sistema di teleriscaldamento moderno presso Lockport (New York, US), sebbene, già nel secolo precedente, alcuni esperimenti dimostrativi erano stati condotti anche da personaggi illustri quali Benjamin Franklin. Il principale merito di Holly fu tuttavia quello di "inventare" il primo sistema di teleriscaldamento commercialmente sfruttabile. Dal successo di Lockport, il teleriscaldamento si diffuse velocemente, dapprima negli Stati Uniti e poi nel nord Europa, alla fine del diciannovesimo secolo (AGCM, 2013).

Nonostante questi primi esperimenti di successo, la prima vera diffusione della tecnologia, sia in Europa sia nei paesi del blocco socialista, avvenne soltanto in seguito alla Prima guerra mondiale, per far fronte alle difficili condizioni economiche. Mentre un secondo periodo di espansione si registrò negli anni '70 come misura di contrasto alla emergente crisi energetica. È proprio in questo periodo che il teleriscaldamento approda anche in Italia. Lo sviluppo tardivo è attribuibile non solo alle condizioni climatiche ma anche al contemporaneo programma di metanizzazione avviato specialmente nel nord del Paese (AIM, 2018).

L'Unione Europea definisce il teleriscaldamento (ed il teleraffrescamento) come *"la distribuzione di energia termica in forma di vapore, acqua calda o liquidi refrigerati, da fonti centrali o decentrate di produzione verso una pluralità di edifici o siti tramite una rete, per il riscaldamento o il raffrescamento di spazi o di processi di lavorazione"* (Dir UE 2018/2001 articolo 2 punto 19). Il teleriscaldamento, dunque, è considerato come una soluzione alternativa per la produzione di calore domestico e acqua calda sanitaria (ACS). Questa tecnologia sostituisce, dove installata, gli altri impianti di produzione autonoma. Il teleriscaldamento (TRL) è di fatto un sistema a rete nel quale il calore prodotto dagli impianti di generazione, o recuperato da fonti terze, viene distribuito agli utenti tramite un fluido vettore (generalmente acqua - a differenti temperature, secondo le specifiche tecniche della rete - o vapore). Come riassunto in figura 1 l'impianto si costituisce di tre elementi principali (AGCM, 2013):

- 1) Una centrale termica atta alla produzione di calore (eventualmente in cogenerazione con l'energia elettrica), a cui si possono eventualmente affiancare più sotto-centrali di supporto.



- 2) Una rete di trasporto costituita da tubature di “mandata” (primaria o dorsale e secondaria o di distribuzione) che veicolano, mediante un fluido termovettore, il calore al consumatore; a questa si aggiunge un sistema di tubature di ritorno che riportano il fluido freddo alla centrale.
- 3) Sotto-centrali di utenza, la cui tecnologia varia in funzione del sistema utilizzato per la trasmissione (diretto o indiretto).

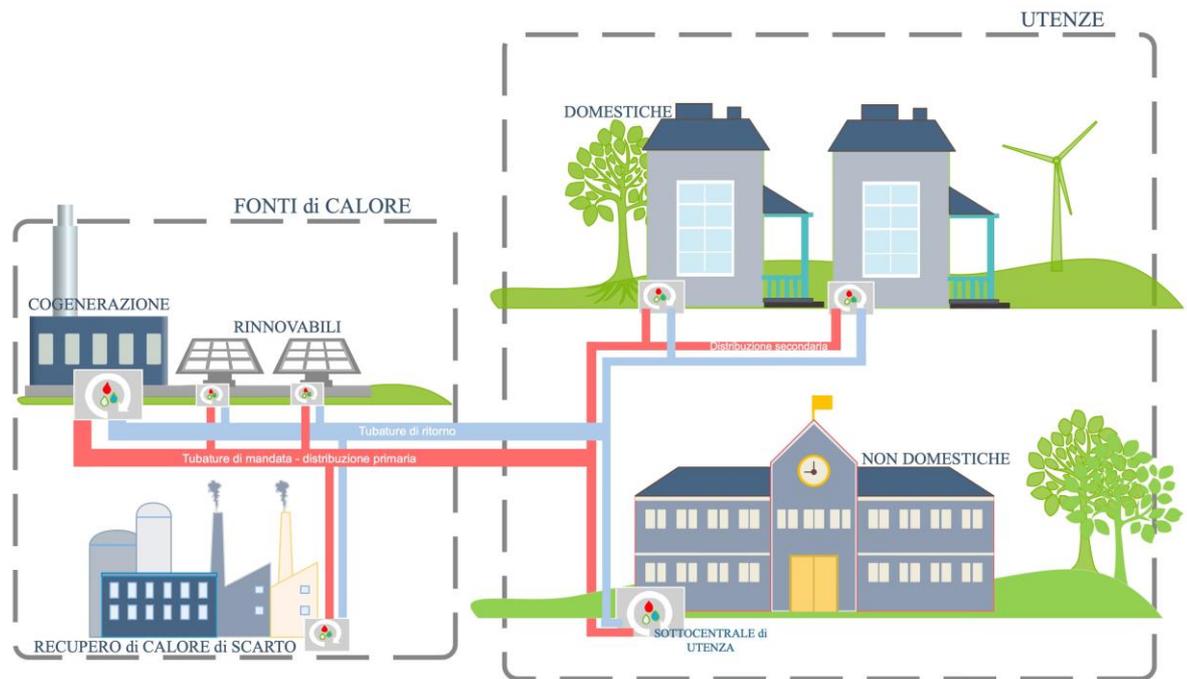


Figura 1: Struttura e componenti di una rete di teleriscaldamento.

Tali sistemi sono definiti da caratteristiche sito-specifiche, in funzione della disponibilità di fonti e della domanda di calore. Per questo essi hanno generalmente una dimensione locale e si sviluppano principalmente nelle aree urbane, dove possono sfruttare la presenza di elevate densità di domanda energetica e di mix funzionale, ma anche impiegare e combinare più efficacemente risorse endogene e non. Uno dei numerosi vantaggi offerti dal TLR è la possibilità di sfruttare una grande varietà di combustibili, sia in generazione semplice sia combinata. Per generazione semplice si intende una centrale che produce soltanto calore mentre, per generazione combinata, si intende una centrale che produce sia elettricità sia calore. La fonte (geotermica, solare termico, biomassa, prodotti petroliferi, gas naturale, carbone, acque superficiali o di falda, ecc.) e la tecnologia utilizzata (combustione interna, cicli a vapore, turbine a gas, cicli combinati, ecc.) dipendono principalmente dalle risorse disponibili in loco, nonché dalle politiche energetiche e ambientali in atto. Inoltre, una delle più interessanti peculiarità di questa tecnologia,

è la sua capacità di sfruttare calore prodotto da fonti terze in loco (cascate termiche e calore di scarto¹) che, se non convertite e convogliate nella rete di distribuzione, andrebbero disperse. È stato dimostrato che in Europa qualora tutto il calore di scarto fosse impiegato in sistemi di teleriscaldamento, questo sarebbe in grado di coprire la domanda di tutti gli edifici residenziali e terziari (Doračić *et al*, 2018). Inoltre, nelle grandi città, l'integrazione del teleriscaldamento con diversi servizi e sistemi tecnologici potrebbe garantire una più efficace gestione non solo del calore ma anche di acqua, rifiuti ed energie rinnovabili (AIM, 2018).

Il TRL² consente la produzione di calore con rendimenti medi più elevati rispetto ad altre modalità di riscaldamento autonomo anche a parità di risorsa impiegata. La maggior efficienza comporta inoltre significativi benefici a livello ambientale e sociale, consentendo una riduzione sia degli inquinanti nocivi locali (ad esempio ossidi di azoto, ossidi di zolfo, particolato, ecc.) sia delle emissioni climalteranti (CO₂).

1.3. Quadro regolativo e di policy

Le caratteristiche e i benefici teorici del teleriscaldamento sono perfettamente in linea con quelle che sono le strategie energetiche europee a orizzonte 2030 (Clean Energy for All Europeans package, EU, 2019), che mirano a un'energia pulita, moderna ed efficiente, in grado di creare crescita e competitività. Le strategie comunitarie richiedono inoltre che le tecnologie impiegate debbano essere in grado di migliorare la sicurezza energetica dell'intero sistema. In particolare, si mira al raggiungimento di una quota di rinnovabili pari al 32% del mix energetico europeo e un miglioramento della efficienza del 32.5%, rispetto allo scenario "business as usual" (Clean Energy for All Europeans package, EU, 2019). Per quanto riguarda le emissioni di gas climalteranti, la Commissione propone una riduzione pari al 40% rispetto al 1990 (EU, 2019). Questa transizione è possibile anche grazie a una

¹ Definizione dalla Direttiva UE 2018/2001: "il calore o il freddo inevitabilmente ottenuti come sottoprodotti negli impianti industriali o di produzione di energia, o nel settore terziario, che si disperderebbero nell'aria o nell'acqua rimanendo inutilizzati e senza accesso a un sistema di teleriscaldamento o teleraffrescamento, nel caso in cui la cogenerazione sia stata o sarà utilizzata o non sia praticabile;"

In particolare, la Direttiva stabilisce (art. 15 comma 4) che il teleriscaldamento che utilizza sia energia rinnovabile che calore o freddo di scarto concorre (nella misura stabilita all'art. 23 comma 2 e, per i sistemi di teleriscaldamento, all'art. 24 comma 4a) al raggiungimento degli obiettivi minimi di utilizzo delle Fonti Energetiche Rinnovabili. La Direttiva stabilisce quindi una sostanziale equivalenza tra Fonti Energetiche Rinnovabili e calore e freddo di scarto riutilizzabile tramite una rete di teleriscaldamento. Il motivo per il quale il calore di scarto viene equiparato all'energia rinnovabile è individuato nel contributo alla prevenzione dei mutamenti climatici. Infatti, sia le fonti rinnovabili tradizionali sia l'utilizzo del calore di scarto sono entrambi caratterizzati da bassissime, o nulle, emissioni di CO₂, cioè consentono di prestare un servizio energetico senza introdurre alcuna emissione di gas climalterante.

² Esistono numerosi studi a livello internazionale sull'efficienza delle reti locali rispetto alla densità lineare e di domanda. Lo studio dell'IEA- DHC-CHP (2015), propone un valore limite di efficienza pari a 1,8 MWh/m. Il lavoro di Woods (2012) riporta la minima Densità di domanda a 20 kWh/m². Lo studio di Zinko et al. (2008) indica per aree a bassa densità di domanda, una soglia di Densità lineare annua pari a 0,3 MWh/m di rete, e un valore di Densità di domanda pari a 10 kWh/m². Tuttavia, questi parametri, che sono sito-specifici, sono stati sviluppati ad oggi per realtà diverse da quelle italiane.



maggior partecipazione dei consumatori, sia per il raggiungimento di una migliore performance energetica degli edifici, sia per quanto riguarda la produzione da fonti rinnovabili e le scelte di consumo (EU, 2019). È chiaro come il teleriscaldamento efficiente sia una tecnologia chiave per il raggiungimento degli obiettivi comunitari. Per teleriscaldamento efficiente si intende, così come definito dall'articolo 2, punto 41 e 42 della direttiva UE 2012/2/27 e successive modificazioni previste dalla direttiva UE 2018/2002, *“un sistema che usa per almeno il 50 % energia rinnovabile, il 50 % di calore di scarto, il 75 % di calore cogenerato o il 50 % di una combinazione di tale energia e calore;”*. Tali sistemi diventano quindi una efficiente opzione per il *“riscaldamento e raffrescamento che, rispetto a uno scenario di riferimento (a condizioni invariate), riduce in modo misurabile l'apporto di energia primaria necessaria [...] in modo efficiente in termini di costi, tenendo conto dell'energia richiesta per l'estrazione, la conversione, il trasporto e la distribuzione”* (Direttiva UE 2012/2/27). Secondo la Direttiva UE 2018/2001 (articolo 24 punto 4 comma a), gli stati membri sono tenuti, tra le varie opzioni, ad *“aumentare la quota di energia da FER e/o da fonti di calore di scarto nel teleriscaldamento di almeno un punto percentuale quale media annua calcolata per i periodi dal 2021 al 2025 e dal 2026 al 2030”*, rispetto alla quota riscontrata nel 2020. Da qui sono esclusi gli stati che già hanno raggiunto a oggi una quota pari al 60%. Tali indicazioni vengono poi demandate a ciascun Stato Membro per l'applicazione nei rispettivi piani energetici nazionali.

In Italia la Direttiva UE 2012/2/27 viene recepita dal D. lgs 4 luglio 2014 n.102, che ha successivamente subito modifiche e integrazioni. Oltre a riportare la definizione di teleriscaldamento e teleriscaldamento efficiente, il decreto assegna all'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente (ARERA) e al Gestore dei Servizi Energetici (GSE) le rispettive competenze in materia³. In particolare, la prima è tenuta a emanare i provvedimenti necessari per lo sviluppo del teleriscaldamento, i parametri per la regolazione del mercato, nonché a definire gli standard di continuità, sicurezza e qualità del servizio (ENEA, 2019). Al secondo invece, viene richiesto di istituire una banca dati aggiornata e condivisibile con tutti i soggetti interessati. Sulla base dei dati raccolti dovrà poi valutare il potenziale di espansione della tecnologia rispetto al 2015. Tali procedure sono necessarie per la definizione delle misure da adottare per il periodo 2020-2030 in riferimento agli obiettivi di sviluppo effettivo. Queste misure vengono meglio identificate nel Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima – PNIEC 2019, il quale recepisce anche gli obiettivi europei in materia di energia ed efficienza per il 2030 (MISE, 2019). In particolare, nel settore termico, il PNIEC prevede entro il 2030 un contributo delle rinnovabili

³ È interessante notare che tra le competenze e gli incarichi affidati al GSE vi è la redazione di un'analisi costi-benefici al fine di individuare, tra il resto, il potenziale economico della cogenerazione (ivi compreso anche il teleriscaldamento efficiente).



per il soddisfacimento dei consumi finali lordi pari al 33%. Il mix tecnologico scelto deve rispettare i criteri di efficienza di cui sopra ed essere coerente con gli obiettivi di politica energetica e ambientale, tra cui la riduzione del fabbisogno da termovalorizzazione dei rifiuti e la limitazione dell'uso delle biomasse per ridurre le emissioni (MISE, 2019). Infine, il PNIEC individua gli strumenti finanziari a supporto delle nuove politiche energetiche sia dal punto di vista degli operatori sia dei consumatori⁴.

1.4. Il teleriscaldamento in Italia: stato dell'arte ed evoluzione

A oggi, in Italia, il teleriscaldamento consta di 368 reti censite⁵, che si estendono per circa 4.446 km (2,5% in più rispetto al 2017). Tuttavia, il TLR è ancora per lo più confinato nell'area settentrionale⁶ del Paese, la quale vanta il 98% dei 358 milioni di metri cubi totali allacciati (AIRU, 2019). Sul versante utenza, il TLR serve principalmente strutture residenziali seguite dal settore terziario e industriale (AIRU, 2019). La fornitura di calore tramite teleriscaldamento al 2015 soddisfaceva tuttavia meno del 5% della domanda totale di calore (Stratego, 2015).

Secondo l'Associazione Italiana Teleriscaldamento Urbano (AIRU, 2019), la capacità installata a sostegno di queste reti corrisponde a 885 MW_e (elettrica) e 8.908 MW_t (termica). L'energia utile prodotta - cioè al netto di perdite e consumi in centrale - è invece pari a 5.945 GWh_e (94% della produzione), a 9.289 GWh_t (82,5% circa dell'energia immessa nelle reti) e a 131 GWh_f (98,5% della produzione)⁷. La produzione di energia termica lorda registra un timido aumento dello 0,9% rispetto al 2017, ma in termini di energia erogata all'utenza questa aumenta del 2,3%, probabilmente anche per miglioramenti nell'efficienza del sistema. Per quel che riguarda le fonti di produzione, in linea con le indicazioni europee, si registra a oggi una debole diminuzione di cogenerazione e produzione semplice fossile (-0,6%) rispetto al 2017 a favore delle rinnovabili (cogenerazione e/o produzione semplice rinnovabile, rinnovabili dirette, recupero da industria e pompe di calore⁸). Grazie al teleriscaldamento e alla sua efficienza, in Italia nel 2018 sono stati risparmiati 0,5 Mtep di energia primaria e 1,7 milioni di tonnellate di anidride carbonica (circa il

⁴ Tra questi compaiono i certificati bianchi e il fondo nazionale per l'efficienza energetica a favore degli operatori. A favore dei consumatori invece compaiono detrazioni fiscali per la riqualificazione energetica e il recupero del patrimonio edilizio.

⁵ Nel 2017 il GSE stimava che circa il 70% delle reti di TLR italiane risultassero efficienti secondo le indicazioni europee della direttiva 2012/27/CE e successive modificazioni (GSE, 2019).

⁶ Al 2018 rispetto al totale nazionale: Lombardia 42,4%; Piemonte 25,6%; Liguria 1,2%; Valle d'Aosta 0,9%; Emilia-Romagna 12,2%; Trentino-Alto Adige 10,9%; Veneto 4,4%; Friuli-Venezia Giulia 0,4% (AIRU, 2019).

⁷ La produzione di freddo rimane significativamente marginale.

⁸ La produzione basata su pompe di calore in realtà subisce una leggerissima flessione (-0,1%) mentre il recupero da calore di scarto industriale rimane invariato rispetto al 2017.



30% delle emissioni dei sistemi convenzionali sostituiti utilizzati sia per produzione termica sia elettrica) (AIRU, 2019).

Il ricavo medio ponderato ottenibile dalla vendita di calore al 2011 corrispondeva a 96,4 €/MWh⁹. Sebbene quest'ultimo sia particolarmente datato, ed i fattori tecnologici e di mercato hanno spinto verso una sua riduzione, il ricavo medio ponderato rappresenta il parametro migliore per confrontare le performance economiche dei differenti gestori e stimare il costo per l'utente (AGCM, 2013). È infatti impossibile comparare le tariffe proposte dai gestori a causa delle differenti strutture sulle quali esse si basano e dai diversi coefficienti di calcolo applicati. Le due opposte modalità di determinazione del prezzo del servizio sono:

- costi sostenuti dal gestore o metodologia *cost-based*: questo sistema tariffario mira ad assicurare l'equilibrio economico e finanziario nonché a garantire un'adeguata remunerazione del capitale investito;
- costi evitati dall'utente: tariffa basata sul costo che l'utente avrebbe dovuto sostenere utilizzando una diversa tecnologia di climatizzazione (generalmente viene fatto riferimento a una caldaia a gas).

Queste sono generalmente applicate in funzione della forma societaria dell'esercente, dalla stipula di accordi con gli enti locali, dalla localizzazione delle reti e dalla dimensione dell'impianto (ARERA, 2019). Per quel che riguarda la qualità del servizio fornito, risulta difficile e complesso valutare le performance commerciali dei gestori e la soddisfazione del cliente, dal momento che non è obbligatorio redigere la Carta dei Servizi¹⁰. Tuttavia, tra gli operatori che le gestiscono, le richieste di informazioni al 2018 corrispondono a meno del 5,5% dei contatti tra l'azienda e il cliente; indicatore che crolla drasticamente allo 0,6 per quel che concerne i reclami (ARERA, 2019).

Secondo le stime del GSE, il potenziale economico di espansione del teleriscaldamento al 2023 corrisponderebbe a 13.516 GWh, mentre il potenziale tecnico a ben 25.308 GWh. Tale incremento richiederebbe il potenziamento delle reti di almeno 900 km addizionali, rispetto al 2013 (MISE, 2019). Il Progetto Strategico considera invece il potenziale di sviluppo del sistema energetico connesso al riscaldamento in maniera integrata. Esso definisce infatti uno scenario in cui si investe per incrementare l'efficienza energetica degli edifici sia auspicando miglioramenti degli involucri edilizi degli edifici sia proponendo il teleriscaldamento come soluzione per le aree urbanizzate del Paese (soluzioni individuali vengono generalmente confinate alle aree meno densamente abitate). Tali interventi, che richiedono un investimento pari a 350 miliardi di euro, consentirebbero una

⁹ Valore inclusivo di IVA ed al netto di eventuali sconti concessi all'utente tra cui anche gli sconti fiscali (AGCM, 2013 pagina 140).

¹⁰ Dal primo luglio 2019 entreranno in vigore nuovi standard di qualità previsti dall'autorità (ARERA 2019)



riduzione della domanda energetica del 30% (heat saving grazie alla riduzione della domanda finale) e una riduzione delle emissioni di CO2 del 45%, a fronte di un incremento della copertura del teleriscaldamento dal 5% attuale al 60%.

È importante sottolineare che le due prospettive si basano su diversi orizzonti temporali: Stratego valuta la transizione energetica fino al 2050, effettuando quindi un'analisi di lungo termine. Inoltre, essa si basa sui dati 2010 ed include altre misure di efficienza energetica oltre al teleriscaldamento. All'opposto le stime proposte dal GSE, relativamente più recenti, considerano principalmente il potenziale del teleriscaldamento associato a cogenerazione o a termovalorizzazione, e si basano su un orizzonte temporale significativamente minore. Tuttavia, esse tengono conto dei più recenti indirizzi di policy attuati (a tal proposito si veda capitolo 1.3). A causa delle differenti caratteristiche, le due prospettive risultano difficilmente comparabili.

1.5. I benefici del teleriscaldamento: analisi della letteratura

Proprio a partire dagli anni '60 (Werner, 2017), probabilmente grazie alla crescente disponibilità di dati, si riscontra un timido aumento anche della letteratura scientifica specifica (Grafico 1).

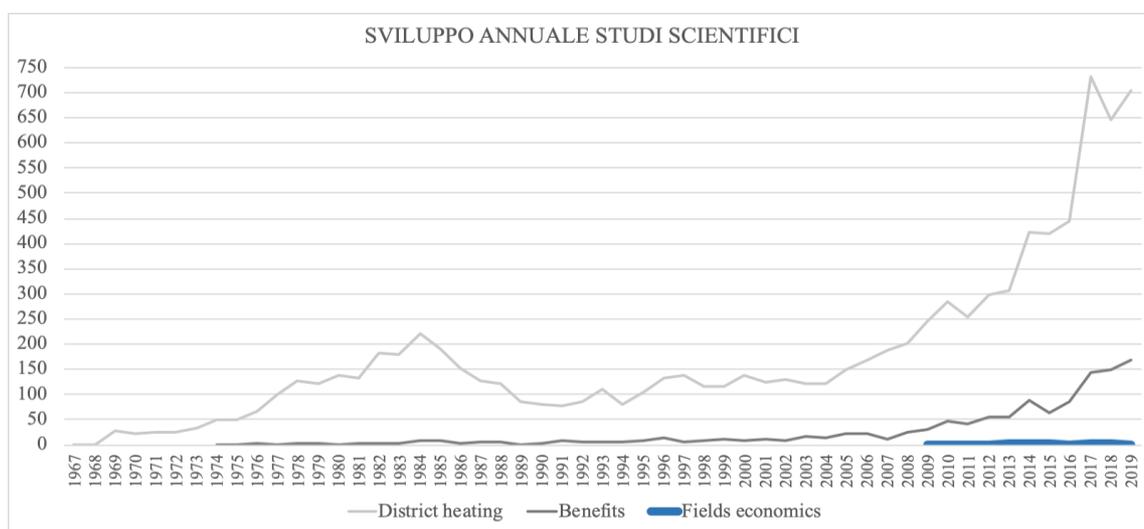


Grafico 1: Sviluppo annuale della letteratura scientifica riguardante il teleriscaldamento. Nostra rielaborazione dati Scopus.

Utilizzando il database Scopus, una banca dati funzionale alla ricerca delle principali pubblicazioni scientifiche, è stata effettuata un'indagine sulla letteratura esistente,



attraverso l'utilizzo di parole chiave quali: "district heating", "district heating" e "benefit", che ha evidenziato un crescente interesse del tema in particolare dagli anni 2000. Tuttavia, solo a partire dal 2009 si riscontrano studi prettamente economici riguardanti il teleriscaldamento. Ciò è dovuto soprattutto alla naturale multidisciplinarietà dell'argomento (grafico 2).

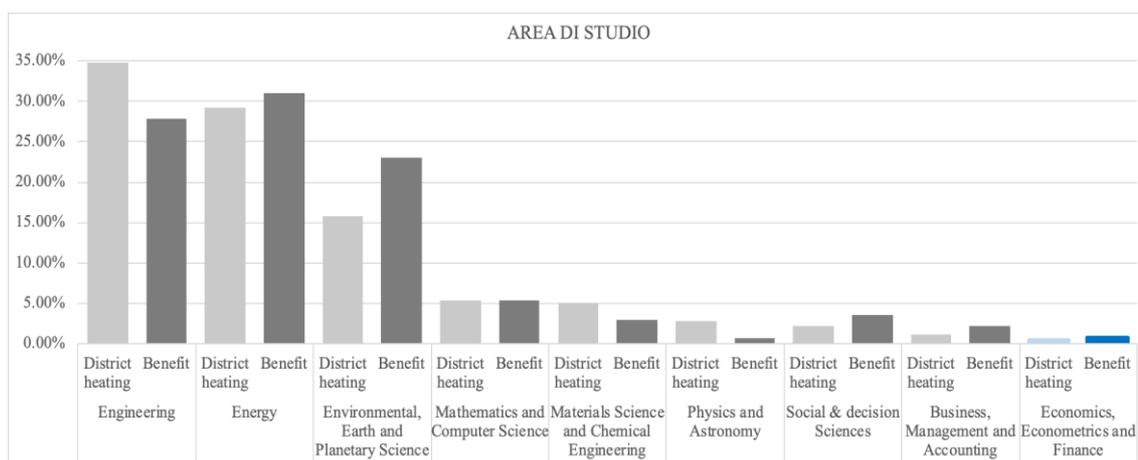


Grafico 2: Studi scientifici per area di studio. Nostra elaborazione dati Scopus.

Per la rassegna dei benefici economici derivabili dal teleriscaldamento è stato necessario prendere in considerazione più tipologie di fonti. Perciò, a seguito della rassegna effettuata tramite Scopus, si è proceduto includendo nell'analisi ulteriori studi (anche di letteratura grigia). La frequente integrazione tra documenti tecnici e analisi scientifiche ha sottolineato l'altissima propensione a identificare o quantificare i benefici del teleriscaldamento, ma la scarsa propensione a monetizzarli dal punto di vista economico e sociale.

I benefici individuati mediante l'analisi della letteratura sono stati ripartiti in quattro macrocategorie (Tabella 1): benefici per il sistema energetico (area gialla), benefici per l'ambiente (area verde), benefici per l'utente (area blu) e benefici per la società (area grigia). Oltre che nelle quattro macrocategorie, i benefici riscontrati in letteratura sono stati categorizzati rispetto ai criteri di analisi e valutazione adottati: benefici individuati ma non ulteriormente indagati (C), quantificati (Q), o monetizzati (M). Sono inoltre riportati l'area geografica di interesse (in caso di analisi non solo teoriche)¹¹ e l'eventuale metodologia utilizzata per la monetizzazione (qualora esplicitata).

¹¹ L'area geografica di interesse è utile per comparare gli studi rispetto a fattori localizzativi, che rimandano a contesti nei quali il teleriscaldamento è considerato una tecnologia strategica per lo sviluppo. Inoltre, vista la sito-specificità della tecnologia in analisi, riportare l'area di interesse di ciascuno studio è utile per verificare che il campione degli studi selezionato sia effettivamente rappresentativo e comparabile al contesto di questo studio o, in caso contrario, per evidenziarne le differenze.

Tabella 1: Benefici economici derivabili dall'implementazione di sistemi di teleriscaldamento secondo la più coerente letteratura a riguardo. **risultati variabili in funzione della tecnologia combinata scelta e dei parametri scelti per la modellizzazione (system boundaries, analisi di mercato, clima..)

	BENEFICIO	ANALISI	STUDIO	METODOLOGIA	AREA
Benefici per il sistema energetico	Efficienza energetica	C	Conolly <i>et al.</i> (2014); Kelly & Pollitt (2010); Weinberger, Amiri & Moshfegh (2017); Doračić <i>et al.</i> (2018); Olsson, Wetterlund & Söderström (2015); Werner (2007); Allan <i>et al.</i> (2015); Comodi <i>et al.</i> (2017); Fang <i>et al.</i> (2013)	-	Europa; UK; Svezia; Croazia; Generale; Cina
		M	US Department of Energy (2019);	Riporta casi studio	US
		Q	Volkova <i>et al.</i> (2012)**	-	Estonia
	Flessibilità (non dipende da una specifica fonte)	Q	Comodi <i>et al.</i> (2017);	-	Italia
		C	Euroheat & Power (2011);	-	Europa
	Integrazione FER	C	Noussan (2018); Fang <i>et al.</i> (2013); Euroheat & Power (2011);	-	Italia; Cina; Europa;
		Q	Connolly, Lund & Mathiesen (2016);	-	Europa
	Ridimensionamento dei picchi di domanda - Riduzione della domanda di energia elettrica	C	Kelly & Pollitt (2010); Werner (2007)	-	UK; Europa
	Riduzione consumo di fonti primarie di energia	C	Viklund & Johansson (2014); Doračić <i>et al.</i> (2018); Rosada (1988); Werner, S. (2006) **; Moser <i>et al.</i> (2018); Fang <i>et al.</i> (2013); Euroheat & Power (2011);	-	Svezia; Croazia; Generale; Europa; Austria; China
		Q	Comodi <i>et al.</i> (2017); ENEA, AIRU & StudioEnergia (2008); Calise <i>et al.</i> (2017); Noussan (2018) **, Comodi <i>et al.</i> (2017); Ivner & Viklund (2015); Lund <i>et al.</i> (2018)	-	Italia; Europa; Svezia
		M	European Union (2014)	Costi evitati	EU
	Sicurezza degli approvvigionamenti	C	Doračić <i>et al.</i> (2018); US Department of Energy (2019); Werner, S. (2006)**; Moser <i>et al.</i> (2018);	-	Croazia; US; Europa; Austria;
		M	JRC (2015)**;	Costo evitato (effetto di variazioni di prezzo sul PIL)	EU
	Sicurezza del sistema elettrico	M	US Department of Energy (2019)	Riporta casi studio	US
		M	JRC (2015)	Costo evitato (value of lost load)	EU
C		Kelly & Pollitt (2010); Volkova <i>et al.</i> (2012)**; Moser <i>et al.</i> (2018);	-	UK; Estonia;	

Le aree geografiche considerate sono principalmente Asia ed Europa in particolare: Austria, Cina, Corea, Danimarca, Finlandia, Germania, Giappone, Italia, Olanda, Polonia, Russia, Svezia, UK e USA.



					Austria
	Stabilizzazione del sistema (heat storage compensate renewables unpredictability)	Q	Connolly, Lund & Mathiesen (2016)	-	EU
	Possibilità di storage - gestione della domanda	C	US Department of Energy (2019)	-	US
Benefici per l'utente finale	Comfort (generale e inclusivo di più fattori)	C	Doračić et al. (2018)	-	Croazia
		M	Yoon, Ma & Rhodes (2015)	DAP	Corea
			European Union (2014)	Prezzi edonici	Europa
	Esclusione di media rischiosi nell'abitazione	C	Euroheat & Power (2011)	-	Europa
		M	Kim, Lim & Yoo (2017)	DAP	Corea
	Maggior relazione produttore-consumatore	C	Euroheat & Power (2011)	-	Europa
	Minor costo di mantenimento	C	Noussan (2018); Euroheat & Power (2011)	-	Italia; Europa
	Riduzione degli inquinanti associati a patologie sanitarie	C	US Department of Energy (2019)	-	US
	Riduzione dell'ingombro (impegnato dalle tecnologie per la produzione di calore) e dell'inquinamento acustico nelle abitazioni, riduzione vibrazioni	M	Kim, Lim & Yoo (2017)	DAP	Corea
			US Department of Energy (2019)	Riporta casi studio	US
C		Euroheat & Power (2011)	-	Europa	
Sicurezza fornitura di calore	C	Noussan (2018); Volkova et al. (2012)**; Euroheat & Power (2011)	-	Italia; Estonia; Europa	
Benefici ambientali	Danno evitato per l'ambiente e la salute (molteplici inquinanti)	M	JRC (2015)**	Costo evitato (damage factor)	EU
	Recupero di risorse altrimenti sprecate	C	Conolly et al. (2014); Euroheat & Power (2011);	-	Europa
	Riduzione CO ₂	C	Kelly & Pollitt (2010); Werner (2007); Werner (2006); Werner (2017); DEA (2016); Euroheat & Power (2011)	-	UK; Generale; Danimarca; Europa
			Doračić et al. (2018); Conolly et al. (2014); Weinberger, Amiri & Moshfegh (2017); Comodi et al. (2017); Viklund & Johansson (2014)**; ENEA, AIRU & StudioEnergia (2008); Calise et al. (2017); Kim et al. (2018); Viklund & Karlsson (2015); Noussan (2018); Volkova et al. (2012)**; Connolly, Lund & Mathiesen (2016)	-	Croazia; Svezia; Italia; Corea; Estonia; Europa
		M	European Union (2014)	Costi evitati, prezzo ombra	Europa
			Fang et al. (2013)	ICR (investment vs Carbon Reduction formula)	China
Lund et al. (2018)	Tool (EnergyPLAN)	Europa			



	Riduzione CO ₂ equivalente	Q	Ilic & Trygg (2014); Olsson, Wetterlund & Söderström (2015); Comodi et al. (2017); Ivner, J., & Viklund, S. B. (2015)	-	Svezia; Europa
	Riduzione consumo di risorse idriche	Q	Fang et al. (2013)	-	China
	Riduzione inquinanti (no CO ₂)	C	DEA (2016); Rosada (1988); Euroheat & Power (2011);	-	Danimarca; Generale; Europa
		Q	Doračić et al. (2018); Fang et al. (2013)	-	Croazia; China
		M	Yan & Qin (2017)	Costi evitati, tassa inquinamento, Tool (Crystall Ball)	China
	Benefici per la società	Danno evitato per la salute (molteplici inquinanti)	M	JRC (2015)**	Costo evitato (damage factor)
Impatti macroeconomici / Ricaduta sull'economia locale (PIL, crescita e impiego derivati da investimenti e risparmi grazie a interventi di efficienza energetica)		C	US Department of Energy (2019); Kelly & Pollitt (2010); Volkova et al. (2012)**	-	US; UK; Estonia
		M	JRC (2015)	Input-Output methodology; modelli di equilibrio generale;	EU
Moser et al. (2018)			Tool (MOVE2social)	Austria	
Sfruttamento di risorse locali		C	Euroheat & Power (2011)	-	Europa
Riduzione della povertà energetica		C	Kelly & Pollitt (2010)	-	UK

A seguito dell'analisi sulla letteratura scientifica e grigia è possibile affermare che i benefici maggiormente citati e studiati sono quelli energetici: in particolare i miglioramenti in termini di efficienza e di consumo di energia primaria (indicatori che spesso possono confondersi o sovrapporsi). Seguono i benefici ambientali, ottenuti principalmente grazie alla riduzione delle emissioni e degli inquinanti a seguito dell'implementazione dei sistemi di teleriscaldamento. Tra le emissioni, il gas maggiormente preso in considerazione è l'anidride carbonica (CO₂), che figura anche tra gli impatti più frequentemente monetizzati (M). Tra le metodologie per la monetizzazione, quando esplicitamente riportate, le principali sono il costo evitato (risparmio ottenuto applicando il teleriscaldamento al posto di un'altra tecnologia) e la disponibilità a pagare (DAP). In generale, il numero di studi che monetizzano i benefici ottenibili dal TLR (e che dunque pertengono ad un'analisi economica) sono significativamente minori rispetto agli studi che citano o valutano i benefici soltanto secondo variabili fisiche. Inoltre, i rari studi che includono valutazioni socio-economiche tendono a calcolare gli indicatori economici mediante *tools* e metodologie di calcolo principalmente tecnico-finanziari, denaturandone lo scopo. Indicatori finanziari e indicatori socio-economici analizzano infatti due diversi



aspetti di un medesimo progetto: i primi si focalizzano sui flussi di cassa generati da un investimento mentre i secondi quantificano le esternalità non internalizzate dai primi (UE, 2014; ENTSO-E, 2015). Si evidenzia inoltre la mancanza di linee guida univoche per quanto riguarda l'individuazione e la monetizzazione dei costi e dei benefici economici. Infatti, lo sviluppo del teleriscaldamento, sia a scala nazionale sia sub-nazionale, dovrebbe essere valutato non solo secondo parametri tecnici (misurati in unità fisiche) e finanziari (misura del *cash-flow* generato dall'investimento), ma anche socio-economici (misura dell'impatto del progetto sul *welfare* della società). Per quest'ultimo scopo, risulta essenziale l'applicazione di metodologie di analisi economica ben definite quale l'analisi costi-benefici (ACB).

1.6. L'analisi costi e benefici per i sistemi energetici: cenni

L'analisi costi-benefici (ACB) è una metodologia che consente la stima degli aspetti economici e sociali derivanti da un progetto o da una decisione di *policy*. Quando questa metodologia viene standardizzata, come nel caso della Guida generale europea per grandi progetti di pubblico interesse (EU, 2014), essa permette di comparare gli output derivanti da uno (o più) investimenti rispetto alle possibili alternative, indipendentemente dal soggetto redattore. Come illustrato nei prossimi paragrafi, la scala dimensionale ideale per l'applicazione dell'ACB è quella di progetto e di sistema settoriale. Per valutazioni a scala più ampia (ad esempio una transizione complessiva su scala nazionale al TLR), l'ACB può essere integrata con modelli economici di equilibrio economico generale o parziale per valutare anche gli effetti sulle variabili macroeconomiche quali PIL e posti di lavoro generati (si veda, a questo proposito: Cai *et al.*, 2017; JRC, 2015).

Nel settore energetico esistono due diversi approcci all'ACB: il primo è un modello di analisi atto alla valutazione di un singolo intervento, mentre il secondo, più onnicomprensivo, è un approccio a livello di sistema che soppesa il beneficio di uno o più gruppi di investimenti¹². I due approcci si riflettono inevitabilmente in differenti metodologie. Nel caso di singoli interventi marginali¹³ si fa riferimento alla Guida generale europea per grandi progetti di pubblico interesse (EU, 2014), mentre per analisi di sistemi a rete si fa riferimento al protocollo ENTSO-E (European Network of Transmission System Operators for Electricity - ENTSO-E, 2015). Quest'ultimo, differentemente delle linee guida europee, che sono più inclusive, analizza soltanto progetti di integrazione del sistema elettrico. Tuttavia, idealmente,

¹² Seguendo le linee guida proposte da ENTSO-E (2015) da ora in avanti i gruppi di investimento complementari volti al raggiungimento di un medesimo scopo verranno indicati come "progetto".

¹³ Che non modificano l'equilibrio del sistema nel quale si inseriscono.



a parte il numero di investimenti interessati e il loro raggruppamento in cluster di progetti, la struttura dell'ACB si sviluppa secondo il medesimo principio: comparando uno scenario base (zero) rispetto a uno ipotetico in cui il progetto viene attuato, considerando le possibili condizioni di mercato (analisi di sensitività).

Il procedimento (Figura 2) può essere riassunto nei seguenti passaggi:

- 1) Individuazione delle condizioni di mercato rilevanti per il servizio o attività oggetto di analisi (costi, domanda, fattori esogeni che potrebbero influenzare il servizio/attività) e loro sviluppo atteso nell'arco temporale previsto dall'analisi. A seconda dell'obiettivo dell'analisi e della tipologia di investimento considerata l'orizzonte temporale può corrispondere a:
 - a. 5-10 anni: analisi di breve-medio termine;
 - b. 10-20 anni: analisi di medio-lungo termine;
 - c. 20- 40: analisi di lungo termine¹⁴.
- 2) Definizione di uno scenario base: individuazione delle condizioni del sistema qualora il progetto non sia realizzato. Nello scenario di base la situazione corrente della fornitura del servizio, o dello svolgimento dell'attività oggetto di analisi, è proiettata nel futuro secondo tre possibili modelli:
 - a. Senza investimenti o modifiche di gestione, "*do-nothing scenario*";
 - b. Con il minimo di investimenti o di modifiche di gestione necessari per garantire la continuità del servizio o dell'attività, "*de minimis scenario*";
 - c. Con una quantità e tipologia di investimenti e modifiche delle modalità gestionali in linea con quanto fatto nel passato "*business as usual*" (in prosieguo BAU).
- 3) Identificazione degli obiettivi - di natura economica e sociale - da raggiungere (riduzione dei costi operativi; riduzione delle emissioni inquinanti; aumento della qualità del servizio e della sua fruibilità; ecc.) e individuazione di possibili investimenti e alternative gestionali che consentano il raggiungimento di tali obiettivi;
- 4) Accorpamento, se necessario, dei vari investimenti in progetti, al fine di definire un insieme coerente e autonomo per il raggiungimento degli obiettivi di cui al punto 3;
- 5) Costruzione degli scenari relativi ai progetti e alle modalità gestionali da valutare, per una durata pari a quella degli scenari di riferimento indicati sopra, con definizione e valorizzazione economica degli obiettivi economici e sociali individuati al punto 3;

¹⁴ In caso di lassi temporali inferiori al tempo di vita dell'investimento viene riportato il valore residuo dell'investimento. D'altro canto, orizzonti temporali lunghi sono di complessa modellizzazione in quanto estremamente soggetti ad incertezza.



- 6) Calcolo del differenziale tra benefici e costi economici derivati dal progetto o dai progetti oggetto di analisi e i benefici/costi derivati dallo scenario base di riferimento;
- 7) Analisi di sensitività variando i parametri di cui al punto 2.

I risultati ottenuti dall'analisi costi benefici dovranno accompagnare i dati tecnico-finanziari integrando le informazioni da essi fornite per una più completa valutazione del progetto.

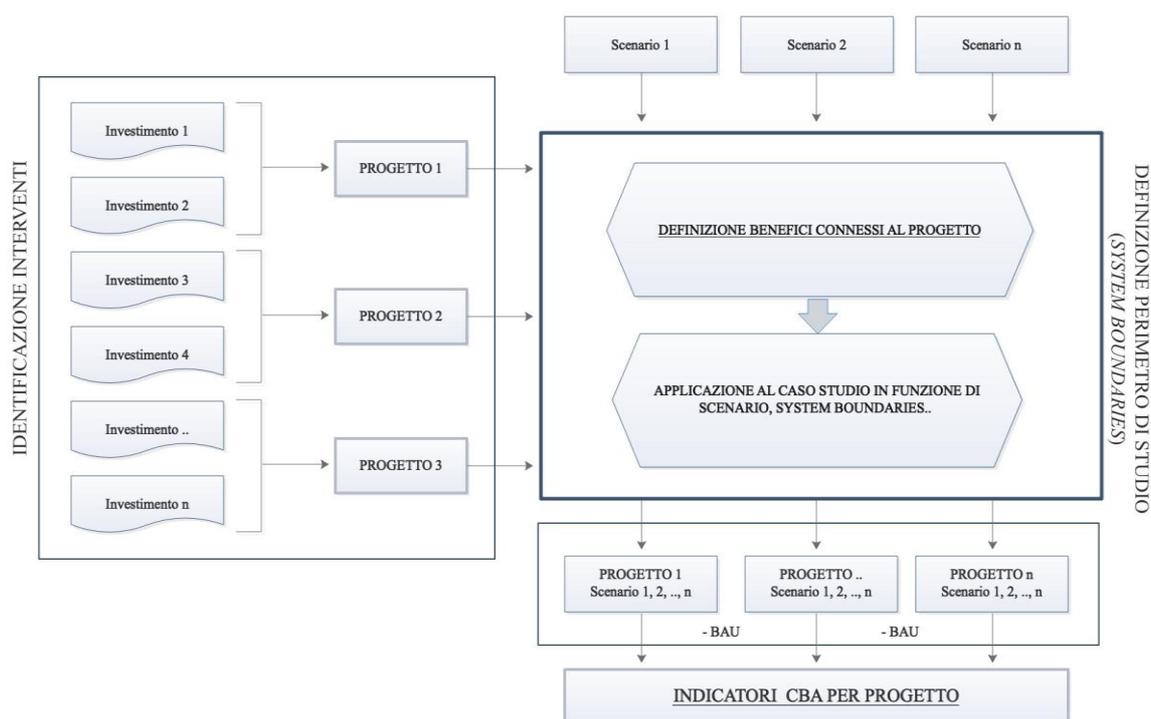


Figura 2: Procedura per l'analisi costi-benefici.

Un punto di forza di ENTSO-E (2015) consta nel fatto che non ha solo definito delle linee guida¹⁵, ma delle vere e proprie metodologie univoche di valutazione per ciascun beneficio (economico), applicabili indipendentemente dalla natura del progetto di interesse. I benefici individuati sono riportati separatamente rispetto ai benefici finanziari (in questo caso CAPEX e OPEX), garantendo una facile e corretta interpretazione. Tale suddivisione è ben illustrata in figura 3. ENTSO-E (2015) individua otto benefici principali (B1-B8) quantificabili o monetizzabili secondo

¹⁵ La Guida Europea all'ACB definisce metodologie utili ma deboli per la definizione dei benefici. Questa prende in considerazione investimenti per ciascun settore (trasporti, ambiente, energia, comunicazioni, ricerca/sviluppo e innovazione), identificandone i benefici generali ottenibili da diversi investimenti e proponendo alcune metodologie, le quali tuttavia, non sono standardizzate. Nel settore energia essa propone: la valutazione economica di interventi volti alla produzione / stoccaggio / trasporto / trasmissione / distribuzione di energia o all'efficiamento energetico di edifici e impianti produttivi.

precise metodologie. A essi si affiancano degli impatti residuali, cioè caratteristici di uno specifico progetto e non inclusi tra i precedenti; sono generalmente esternalità non compensate da eventuali misure di mitigazione. Gli impatti residuali, tuttavia, vengono quantificati soltanto mediante variabili fisiche o qualitative.

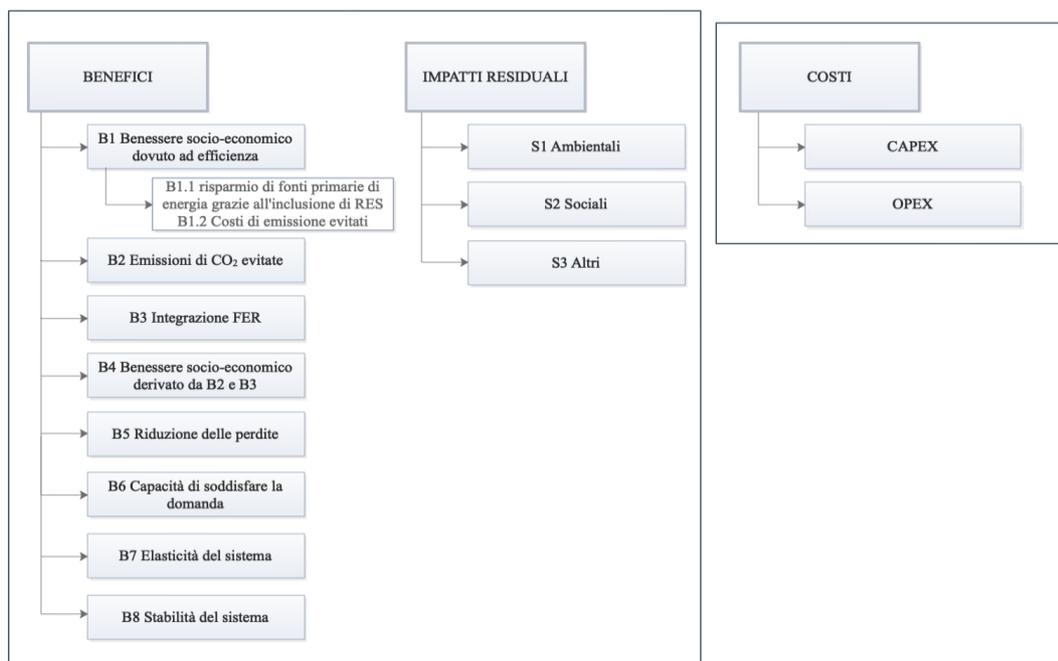


Figura 3: Costi e benefici considerati nell'analisi ENTSO-E. Fonte ENTSO-E (2015)

Ciascuno dei benefici individuati viene, quando possibile, monetizzato (Tabella 2), consentendo l'accorpamento dei benefici e la costruzione di indici sintetici (Net Present Value, Benefit to Cost Ratio, ecc.).

I risultati raggiunti da queste analisi sono di fondamentale importanza per orientare le scelte verso output socialmente desiderabili. L'ACB in particolare è uno strumento imprescindibile per orientare policy e scelte di investimento. Infatti, una volta valutata la sostenibilità finanziaria di un investimento, è necessario determinarne la sostenibilità economica, specialmente qualora si richieda l'utilizzo di finanziamenti pubblici (EU, 2014).

Tabella 2. Benefici derivati da progetti riguardanti la rete di trasmissione elettrica secondo la metodologia individuata da ENTSO-E. Nostra elaborazione da ENTSO_E (2015).

Indicatore	Descrizione	Unità di misura	Monetizzazione	Metodologia
B1	Benessere socioeconomico: riduzione costi di produzione/incremento del benessere totale e ottimizzazione costi di trasmissione	MWh	€/anno	Analisi di Sistema e di mercato
B2	Emissioni di CO ₂ evitate	ton	€/anno	Price of carbon
B3	Fonti di energia rinnovabile: potenziale connesso e perdite evitate	MWh MWh/a	€/anno	Specifiche di progetto + Analisi di sistema
B4	Benessere socioeconomico dovuto a integrazione FER e riduzione emissioni CO ₂	Formato libero	€/anno	Analisi di mercato - DAP, costi evitati
B5	Perdite	MWh	€/anno	Δperdite con/senza progetto
B6	Supply security (SoS): soddisfazione della domanda	MWh	€/anno	Energia richiesta non fornita e margine di adeguamento
B7	SoS: elasticità del sistema	%	Indicatori qualitativi	Analisi di sistema
B8	SoS: stabilità del sistema	+/-	Indicatori qualitativi	Analisi di sistema

1.7. L'analisi costi e benefici per il teleriscaldamento: elementi

Per quanto riguarda l'ACB riferita ai sistemi di teleriscaldamento, la Commissione Europea propone delle linee guida informali utili per l'identificazione di tutti quei sistemi efficienti atti alla produzione di calore e al soddisfacimento della domanda interna di ciascun Paese (JRC, 2015). Nel mix tecnologico ed energetico viene ovviamente inserito e valutato anche il teleriscaldamento.

A tal riguardo, il documento redatto dal JRC (2015) definisce:

- 1) i metodi di raccolta delle informazioni per quel che riguarda la domanda e l'offerta di energia; la domanda e l'offerta di calore, i dati climatici, le infrastrutture esistenti per la produzione e distribuzione di energia e calore;
- 2) il perimetro dello studio sulla base dei dati raccolti;
- 3) le soluzioni tecniche potenzialmente attuabili in funzione di:
 - a. risorsa utilizzata - convenzionale, FER o di recupero;
 - b. tecnologia utilizzata - centralizzata o decentralizzata;
 - c. sistema di distribuzione - caldo oppure caldo più freddo.
- 4) eventuali evoluzioni previste per ciascuno dei parametri di cui al punto 1.

Il documento pone poi l'attenzione all'analisi finanziaria ed economica, i cui risultati dovranno, a loro volta, essere impiegati in un'analisi costo-efficienza.



È importante sottolineare che queste linee guida (JRC, 2015) sono prettamente tese alla valutazione dell’impatto della tecnologia sull’intero territorio nazionale. Si tratta dunque di uno studio su vasta scala e non a livello di progetto. L’analisi a livello di progetto viene invece affrontata dalle linee guida europee in relazione grandi progetti di pubblico interesse, già ampiamente discusse in precedenza (EU, 2014). Tuttavia, in quest’ultima, i progetti di teleriscaldamento vengono analizzati e valutati solo per quanto riguarda il recupero di calore da impianti di termovalorizzazione dei rifiuti. Le procedure si differenziano dunque per l’ampiezza del sistema considerato (nazionale vs progetto) e l’impatto dei benefici considerati. La prima, nazionale, considera gli aspetti macroeconomici¹⁶, mentre la seconda sottolinea l’importanza solo degli aspetti microeconomici¹⁷. I vantaggi ambientali e sociali considerati sono comunque molto eterogenei tra i due livelli di analisi (Tabella 3):

Tabella 3 Confronto tra benefici ambientali e sociali individuati da JRC (2015) le Linee guida europee ai grandi progetti di pubblico interesse (2014)

JRC 2015:	Linee guida EU 2014 (estrapolate dal progetto “waste incinerator with energy recovery”):
<ul style="list-style-type: none"> - Esternalità ambientali e impatti sulla salute - Impatto sulla dipendenza energetica ~ incremento della sicurezza degli approvvigionamenti - Impatti macroeconomici (occupazione e PIL) - Incremento della sicurezza del sistema elettrico (capacità di soddisfare la domanda degli utenti) 	<ul style="list-style-type: none"> - Emissioni evitate (grazie al recupero di energia sotto forma di calore) - Energia primaria risparmiata (grazie al recupero di energia sotto forma di calore) - Riduzione delle superfici impiegate per lo stoccaggio dei rifiuti (valore economico delle superfici altrimenti destinate a discarica)

¹⁶ JRC (2015) p.118

¹⁷ EU (2014) p.25



Per quel che riguarda la restante letteratura scientifica analizzata, questa identifica una serie di benefici ambientali molto più numerosi, come riassunto in tabella 1 al paragrafo 1.5. Oltre all'ACB esistono numerose metodologie, *tool* e *software* atti a calcolare i benefici derivanti da un progetto di produzione e distribuzione di energia locale, quindi adatti anche a valutare i sistemi di teleriscaldamento. Tuttavia, questi strumenti trascurano spesso la valutazione economica, privilegiando quella finanziaria e non riuscendo così a cogliere il valore delle esternalità generate, se non attraverso la misurazione delle sole emissioni di CO₂ evitate.

Identificate le difficoltà e le limitazioni delle esistenti guide all'ACB e considerate le peculiarità dei sistemi di teleriscaldamento, nella successiva parte vengono approfonditi i benefici economici derivabili dal TRL, così come presenti nella più rilevante letteratura di riferimento. Inoltre, vengono individuate le metodologie più corrette per la loro valutazione.

2. CATEGORIZZAZIONE E VALUTAZIONE ECONOMICA DEI BENEFICI DEL TELERISCALDAMENTO

In questa sezione vengono descritti più approfonditamente i benefici ottenibili dall'implementazione di sistemi o progetti di teleriscaldamento. In particolare, per ciascuno dei benefici individuati a partire dalla revisione della letteratura e dei report nazionali e internazionali, vengono dettagliate le metodologie più idonee alla loro valutazione economica. Per meglio comprendere le motivazioni della scelta degli indicatori "rilevanti" e sottolinearne il valore e la complessità intrinseca di metodologie apparentemente semplici, sono stati approfonditi concetti quali il beneficio economico, lo scenario di riferimento e l'analisi economica differenziale. I modelli qui presentati sono frutto di approcci relativamente diffusi nella letteratura scientifica. La metodologia di ricerca e i relativi risultati sono preliminari alla comprensione del perché alcuni benefici siano stati considerati prioritari rispetto ad altri.

2.1. Definizione di beneficio economico e criteri di categorizzazione

Nella categoria di benefici economici rientrano tutti quegli impatti positivi che non generano necessariamente un flusso finanziario per gli investitori, ma si traducono comunque in un impatto positivo per la società (miglioramento del *welfare*). Questi catturano, dunque, il valore (in positivo e in negativo) delle esternalità che non sono normalmente riflesse dai prezzi di mercato. Tali benefici, che fino a ora abbiamo identificato secondo le loro aree di interesse (settore energetico, ambientale, per l'utente), sono categorizzabili in funzione di:



- Possibilità di monetizzazione: i benefici vengono inizialmente valutati secondo parametri fisici (es. MWh, tonnellate, ecc.) e successivamente convertiti in valori monetari (ad esempio €/MWh ed € totali). Alcuni valori economici (ad esempio il costo delle emissioni) possono essere difficilmente quantificabili o soggetti a decisioni politiche, in quanto non riflettono il loro reale costo per la società. Per questo motivo sia ENTSO-E sia le Linee Guida Europee all'ACB (EU 2014), consigliano in questi casi di riportare entrambi i valori (monetizzato e fisico)¹⁸. Tale procedura è necessaria per facilitare la comparazione di analisi redatte da diversi soggetti o analisi soggette a diversi sviluppi temporali. Gli indicatori per i quali questa prassi è più applicata sono quelli concernenti le emissioni, in particolare la CO₂. È fondamentale, ad esempio, nel caso di analisi che comparano scenari in cui si considerano anche cambi nelle politiche energetiche o ambientali, le quali potrebbero comportare due costi differenti della CO₂.
- Tipologia: incrementale vs non incrementale. Per beneficio incrementale si intende il miglioramento di un beneficio già esistente (ad esempio più energia da fonti rinnovabili fornita). Un beneficio non incrementale, all'opposto, si genera dalla "disruption" di una tecnologia precedente a favore di una nuova (ad esempio una nuova connessione alla rete per un utente precedentemente non servito).

Inevitabilmente le caratteristiche degli indicatori si riflettono nella scelta di includere o meno determinati benefici nell'analisi, imponendo alcune limitazioni. In particolare, è necessario assicurarsi che uno stesso beneficio non venga catturato, direttamente o indirettamente da più indicatori, comunemente definito "double-counting". Un esempio può essere la scelta di non includere tra gli indicatori economici il risparmio dei consumatori derivato da un più efficiente sistema energetico. Un tale risparmio si riflette infatti principalmente sulle *operating expenses* (OPEX) riducendole. La riduzione delle OPEX, a sua volta, si traduce in un risparmio per il consumatore. Creare perciò un indicatore che consideri il risparmio per il consumatore equivarrebbe a "calcolare doppiamente" il medesimo beneficio.

2.2. Definizione di scenario e di analisi economica differenziale

Sebbene le definizioni (ed il calcolo) degli indicatori siano standardizzati e non soggetti a variazioni tra differenti analisi, è importante considerare che il contesto nel quale un progetto si realizza è invece soggetto a diverse possibili evoluzioni temporali: non è detto che il beneficio derivabile da un progetto si esprima ugualmente in ciascuno degli

¹⁸ Alcune guide all'ACB settore-specifiche scelgono di non monetizzare alcuni indicatori. Esempi di indicatori non monetizzati si possono trovare in ENTSO-E sono: indicatore B2 (emissioni di CO₂ - tonnellate/anno), B3 (Integrazione risorse rinnovabili - MWh/anno), B7 & B8 (Sicurezza di approvvigionamento: flessibilità e stabilità del sistema - % o altro indicatore qualitativo).



scenari confrontati. Come introdotto al paragrafo 1.5 del presente documento, è infatti necessario comparare uno “scenario atteso” (come l’output ottenibile dall’attuazione del progetto) rispetto a uno “scenario di base”, in cui il progetto non viene implementato. L’analisi basata sulla differenza tra i due scenari viene dunque definita differenziale.

Inoltre, i due scenari devono essere valutati secondo la possibile evoluzione temporale dei parametri che li determinano. La variazione di questi parametri entro determinati *range* consente infatti di determinare la robustezza degli indicatori individuati. Tale procedura è chiamata analisi di sensitività. Per effettuare una corretta analisi di sensitività, nel caso del teleriscaldamento, sarà dunque corretto modellizzare gli scenari secondo le possibili variazioni in:

- Domanda di elettricità e calore (per ogni settore);
- Consumo di elettricità e calore (per ogni settore);
- Offerta (risorse già in uso, risorse in via di dismissione, ecc.);
- Infrastrutture ed efficienza;
- Area di interesse ed estensione del sistema (system boundaries);
- Incertezza.

Questi parametri sono chiaramente a loro volta influenzati dall’evoluzione dell’utenza, del clima e delle politiche energetiche. Nell’approcciarsi all’ACB spesso si applicano parametri socio-economici di norma già in uso sia in letteratura sia nello sviluppo di altri processi decisionali. Per esempio, Ilic & Trygg (2014) hanno utilizzato per le loro analisi di sensitività i parametri derivanti dai piani di policy necessari per rimanere entro i 2°C di aumento della temperatura, secondo quanto disposto dall’International Panel on Climate Change (IPCC). I parametri su cui si basa l’analisi di sensitività non sono dunque direttamente rilevati, ma sono definiti a partire dai dati di cui alla situazione di partenza in funzione di variate condizioni del contesto (ad esempio nuove policy energetiche potrebbero aumentare o diminuire il costo dell’elettricità influenzando sulla sua domanda).

2.3. Le categorie di benefici e i metodi di valutazione economica di ciascuno

A valle di un’attenta *review* della letteratura scientifica e dei documenti prodotti sul tema a livello internazionale, sono stati individuati i benefici più significativi per effettuare un’analisi economica di un sistema di teleriscaldamento (Figura 4). Essi assicurano la totale monetizzazione di tutti i benefici e l’esclusione di errori quali il *double-counting*.

I benefici individuati possono quindi essere suddivisi in:



- Benefici per il sistema energetico: valutazione dei miglioramenti al sistema energetico nel suo complesso apportati grazie all'intervento.
- Benefici ambientali: riduzione degli impatti ambientali negativi conseguenti alla produzione di calore ed energia.
- Benefici per l'utente: benefici attribuibili all'utente grazie all'utilizzo del teleriscaldamento. Sono trattati come benefici residuali poiché, come descritto successivamente, parte del valore dei benefici per l'utente viene già catturato dagli indicatori per il sistema energetico (a tal proposito si veda la relazione tra il beneficio B8 al capitolo 2.3.3.1 e il beneficio B1 al capitolo 2.3.1.1).

I benefici considerati e riportati in figura 4, sono stati categorizzati rispetto alle 3 macro-aree sopra descritte e numerati da B1 a B8. Per ogni beneficio vengono riportate le metodologie di calcolo per la loro valutazione, come descritto nei successivi paragrafi.

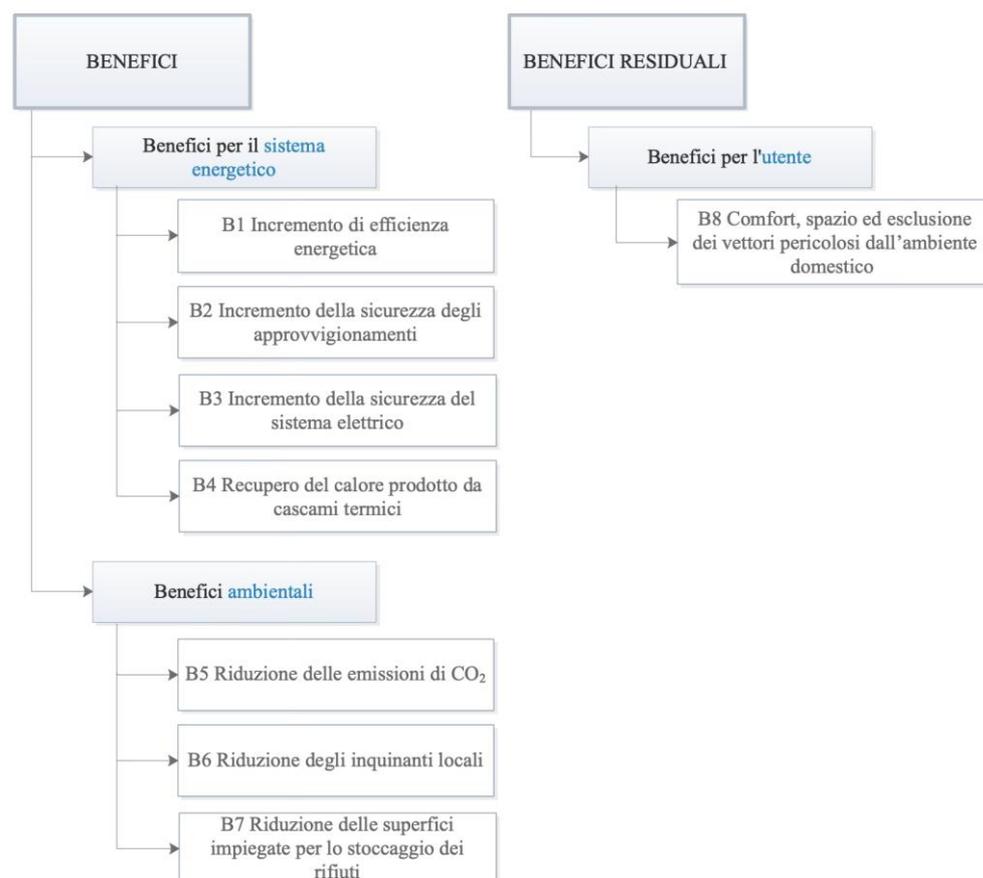


Figura 4: I benefici del teleriscaldamento

2.3.1. Benefici per il sistema energetico

2.3.1.1. Incremento di efficienza energetica

Con miglioramento dell'efficienza¹⁹ si intende un incremento di output a parità di input (o una riduzione di input a parità di output). Per quel che riguarda il teleriscaldamento, l'incremento è dovuto alla possibilità di sfruttare economie di scala, accorpando un significativo numero di utenti e servendoli tramite impianti potenzialmente più efficienti di quelli individuali. Inoltre, sono inclusi miglioramenti strutturali che riducono significativamente le perdite di sistema. Tale beneficio è calcolato in funzione dei risparmi possibili sul consumo di acqua e carburante, i quali rendono il processo di riscaldamento domestico più economico. Applicare tale procedura, tuttavia, rischia di riportare valori già inclusi nel calcolo dei costi operativi e quindi sfociare nel *double-counting*. Per progetti di efficientamento energetico, le linee guida europee (UE, 2014) consigliano di monetizzare i Wh risparmiati in funzione del loro prezzo ombra²⁰, al fine di distinguere il costo economico da quello finanziario, escludendo inoltre il valore delle esternalità che sono incluse in altri benefici.

Il primo beneficio (B1) è dunque calcolabile secondo la Formula 1:

$$B1 = \Delta E * P_s \quad \text{Formula 1}$$

Dove ΔE corrisponde all'energia risparmiata quantificata fisicamente (MWh, GWh, ecc.) mentre P_s corrisponde al prezzo ombra per ciascuna unità risparmiata (€/MWh).

2.3.1.2. Incremento della sicurezza degli approvvigionamenti

Il secondo beneficio (B2) è direttamente correlato alla dipendenza da fonti energetiche primarie estere. In letteratura viene spesso considerato il teleriscaldamento quale tecnologia efficace per ridurre l'*import dependency* di un territorio, tra queste la Guida alle "*best practices*" per la valutazione economica di progetti di teleriscaldamento proposta dal JRC (2015) e lo studio di Werner (2007). Il vantaggio di ridurre tale dipendenza dagli import si manifesta, principalmente, in caso di aumento del prezzo della risorsa importata. In queste evenienze, il costo

¹⁹ Sia termica sia elettrica.

²⁰ Il prezzo ombra indica il reale valore di un fattore o di un prodotto ed esclude, dunque, tutte le distorsioni del mercato cui il prezzo è soggetto. Esso è generalmente stimato in funzione della disponibilità a pagare.



evitato grazie all'utilizzo di una fonte di energia alternativa corrisponde al beneficio sociale derivato dal progetto. Questo si calcola in funzione dell'impatto sull'economia locale (PIL) rispetto all'aumento percentuale del prezzo della risorsa sostituita (Formula 2a):

$$B2 = \Delta PIL_{scenario} = \Delta PIL_{per\ unit\ a} * \frac{\Delta P}{P} * F \quad \text{Formula 2a}$$

In cui $\Delta PIL_{per\ unit\ a}$ corrisponde all'impatto sul prodotto interno lordo (PIL) per unità di risorsa consumata, mentre $\frac{\Delta P}{P}$ e F corrispondono rispettivamente alla variazione percentuale nel prezzo della risorsa e alla sua quantità consumata. È importante sottolineare che l'impatto sul PIL conseguente a un incremento del prezzo unitario della risorsa è anche funzione della sua elasticità al prezzo (Formula 2b, 2c).

$$\Delta PIL_{scenario} = \frac{\varepsilon * PIL}{F} \quad \text{Formula 2b}$$

Dove l'elasticità (ε) si definisce:

$$\varepsilon = \frac{\Delta PIL / PIL}{\Delta P / P} \quad \text{Formula 2c}$$

2.3.1.3. Incremento della sicurezza del sistema elettrico

La sicurezza del sistema elettrico è legata, nel breve/medio periodo, al possibile impatto positivo del teleriscaldamento sulla congestione e il rischio di blackout delle reti elettriche. USDE (2019) evidenzia quali parametri di valutazione per il teleriscaldamento le sue caratteristiche di:

- Operatività: capacità di soddisfare la domanda dei consumatori nonostante i possibili blackout del resto della rete. In questo caso, gli interventi volti a migliorare la sicurezza energetica mirano anche a prevenire eventuali interruzioni di servizio;
- Resilienza: capacità di riprendere funzionalità a seguito di un'interruzione o un "evento traumatico".

Il teleriscaldamento può essere un'opzione per il rafforzamento delle reti elettriche, in quanto supporta la domanda locale, diversifica le fonti e riduce lo stress su altre componenti della rete (si veda Benefici energetici Tabella 1). Tali benefici sono stimabili in funzione delle minori e più brevi interruzioni del servizio tramite indicatori tecnici quali la "energia attesa non fornita" (Expected Energy Not Supplied



- EENS, MWh/anno) e il “valore del carico atteso non fornito” (Value of Lost Load - VOLL, €/MWh)²¹ - Formula 3.

$$B3 = EENS * VOLL \quad \text{Formula 3}$$

Mentre l'EENS è un parametro tecnico relativamente facile da individuare, a oggi non esiste alcun parametro comune a livello europeo per la valutazione del VOLL (ENTSO-E, 2015; JRC, 2015). Esso infatti deve corrispondere al danno subito dall'utente in caso di mancata consegna dell'elettricità (o calore) ed è quindi soggetto a variabili sociali e ambientali che differiscono tra aree geografiche. Pertanto, viene stimato mediante la disponibilità a pagare (DAP) dei consumatori per aver garantita la sicurezza del sistema elettrico (ENTSO-E, 2015). Per le sue peculiarità è dunque necessario far riferimento a diversi studi a livello nazionale quali Bertazzi et al. (2005), oppure CEER (2011).

2.3.1.4. Recupero del calore prodotto da cascami termici

Come già sottolineato, una delle più significative caratteristiche degli impianti di teleriscaldamento è la possibilità di utilizzare fonti di scarto: tra queste spicca il recupero di calore prodotto da altri processi e filiere (sia energetiche che industriali). Grazie allo sfruttamento dei sistemi di teleriscaldamento questo scarto viene trasformato, di fatto, in una risorsa che andrà a sostituire fonti di energia primarie. Secondo le linee guida europee all'ACB (EU, 2014) questo beneficio è monetizzabile sulla base del costo marginale di lungo termine della fonte sostituita (Formula 4).

$$B4 = E_{heat} * MC_{LT} \quad \text{Formula 4}$$

Dove E_{heat} corrisponde alla produzione annuale di calore (GJ) e MC_{LT} al costo marginale di lungo termine per la produzione di calore con la tecnologia sostituita (€/GJ).

Onde evitare un errore di *double counting*, qualora si consideri un impianto che sfrutti calore di scarto, è opportuno che la sostituzione delle fonti di energie primarie sia esclusa dalla valutazione dell'indicatore B1.

²¹ Il valore dell'energia attesa non fornita dovrebbe riflettere il vero costo delle interruzioni per l'utente (DAP). Un'accurata stima di questo parametro è fondamentale per bilanciare l'entità dell'investimento. Infatti, un VOLL troppo alto condurrebbe a sovra-investimenti mentre un VOLL troppo basso condurrebbe a una riduzione della sicurezza del sistema (ENTSO-E, 2015).

2.3.2. Benefici ambientali

In letteratura, il beneficio economico più apprezzato è indubbiamente la riduzione delle emissioni (Tabella 1). Infatti, si suppone che un eventuale impianto di teleriscaldamento tenda a sostituire molteplici sistemi autonomi, spesso basati su combustibili fossili. In questo caso, fattori quali il cambio di tecnologia, l'aggregazione e il miglioramento in efficienza precedentemente discusso (capitolo 2.3.1.1) porteranno a una riduzione delle emissioni di gas serra. Questo è dovuto anche alla più agile produzione da FER e alla riduzione del numero di punti di emissione che saranno meglio controllati.

Le emissioni più studiate sono CO₂, CO₂eq, CH₄, NO_x e particolato (PM) (Tabella 1).

2.3.2.1. Riduzione delle emissioni di CO₂

Sebbene nell'analisi finanziaria sia incluso il costo sostenuto per ottenere i permessi e le certificazioni connessi alla sfera delle emissioni (Emission Trading Scheme - ETS), è necessario valutare anche il loro impatto sociale. Sebbene idealmente le emissioni siano un costo per la società, la riduzione del danno sociale garantita da una tecnologia rispetto a un'altra corrisponde a un costo evitato e, quindi, a un beneficio (B5 - Formula 5). La letteratura di riferimento (JRC, 2015; UE, 2014; ENTSO-E, 2015) è concorde nel valutare il costo delle emissioni mediante il Social Cost of Carbon (SCC): un indicatore atto a monetizzare il costo delle esternalità dovute alle emissioni (cambiamenti climatici, salute, ecc.).

$$B5 = \Delta CO_2 * SCC \quad \text{Formula 5a}$$

In cui la CO₂ (la quantità di anidride carbonica emessa) è espressa in tonnellate, mentre il SCC in €/tonnellata.

Qualora siano considerati nell'indicatore B1 i costi sostenuti per gli ETS (€), allora sarà necessario escluderli dal calcolo di B3 ENTSO-E (2015), così che:

$$B5 = (\Delta CO_2 * SCC) - ETS \quad \text{Formula 5b}$$

Essendo il SCC un indicatore soggetto a variabilità (a causa della volontà politica, delle *time preference*, ecc.) è importante che l'indicatore B3 sia espresso anche secondo le quantità fisiche (tonnellate).



Per quel che riguarda anche altri gas climalteranti, qualora non vi siano ragionevoli parametri di monetizzazione per ciascuno, è possibile aggregare gli stessi in CO₂ equivalente²² e monetizzarli applicando, di nuovo, il SCC (Formula 6b) (EU, 2014)²³.

$$B5 = \Delta CO_{2Equivalente} * SCC \quad \text{Formula 5c}$$

In cui ΔCO_{2Eq} corrisponde alla differenza di emissioni tra scenario base e progetto e:

$$CO_{2Equivalente\ progetto} = \sum_{i=1}^n q_i \times CF_i \quad \text{Formula 5d}$$

Dove q_i è la quantità emessa per tipologia di inquinante i e CF è il fattore di conversione in CO₂ equivalente a esso associata.

$$B5 = (\Delta CO_{2Equivalente} + \Delta CO_2) * SCC - ETS \quad \text{Formula 5e}$$

2.3.2.2. Riduzione degli inquinanti locali

Come già discusso, alcuni studi come Doračić *et al.* (2018) affiancano alle analisi finanziarie un solo beneficio economico: le emissioni evitate. Questo parametro, spesso non monetizzato, può includere oltre alla CO₂, anche altri inquinanti quali NO_x e PM (Doračić *et al.* 2018; Ilic & Trygg 2014). Il costo sociale degli inquinanti (SCP - Social Cost of Pollution) è funzione delle caratteristiche dell'area circostante alla fonte di emissione (popolazione), delle variabili che influiscono sulla sua diffusione (clima, tipologia di strutture, ecc.) e della concentrazione dell'inquinante emesso (Friedrich *et al.* 2001). La letteratura fornisce numerosi parametri medi nazionali che, anche se prodotti per altri contesti, possono essere applicati in questo caso per semplificare la metodologia. Un esempio è quello di Molocchi, Rucchini & Tudini (2019) che applicano le Linee Guida per la Valutazione degli Investimenti in Opere Pubbliche nei settori di competenza del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, così come approvate dal DL 228/2011. È importante sottolineare che questi indicatori spesso considerano una più vasta gamma di danni: non solo ambientali ma anche alla salute e ai manufatti. Favorendo l'applicazione di questa metodologia la monetizzazione di questi ultimi benefici non è stata inclusa nella sezione 2.3.3 (benefici per l'utente finale). Il beneficio dovuto alla riduzione delle emissioni di altri inquinanti (B6) sarà dunque pari a:

²² Per CO₂-equivalente si intende una misura del *global warming potential* di un gas rispetto a un ugual quantitativo di CO₂. Ad esempio, l'emissione di una tonnellata di metano corrisponde a 25 di anidride carbonica equivalente (Eurostat, 2020).

²³ In EU (2014) il metodo di stima proposto per la valutazione del costo risparmiato per altri GHG è utilizzato per stimare il beneficio delle emissioni evitate grazie all'utilizzo di calore di scarto da un inceneritore (il progetto analizzato riguarda il *waste management* - EU, 2014 p. 205).



$$B6 = \sum_{i=1}^n \Delta q_i \times SCP_i \quad \text{Formula 6a}$$

Dove i è la tipologia di inquinante, Δq è la quantità di emissioni evitate (t, kg) per tipologia di inquinante e SCP_i il costo sociale a esso associato (€/t, €/kg).

2.3.2.3. Riduzione delle superfici impiegate per lo stoccaggio dei rifiuti

Quando un impianto di teleriscaldamento è combinato a processi di termovalorizzazione - quindi utilizza i rifiuti come fonte primaria di energia - esso aiuta a prevenire che questi siano smaltiti in discarica. In questo modo le aree che sarebbero state destinate allo smaltimento dei rifiuti sono disponibili per altri usi. Il beneficio (B7) viene valutato in funzione della quantità di rifiuti trasformati (tonnellate anno), del costo marginale della gestione della discarica, dalla sua costruzione e dell'*aftercare* dopo la sua chiusura (€/t). A quest'ultimo deve essere aggiunto il costo-opportunità dell'utilizzo delle superfici e l'eventuale danno evitato da inquinanti immessi nel suolo o nelle acque (EU, 2014).

$$B7 = Q_{Val} * C_{landfill} \quad \text{Formula 7}$$

In cui Q_{Val} è la quantità di rifiuti non conferiti in discarica a favore dei termovalorizzatori, mentre $C_{landfill}$ è il costo di gestione della discarica comprensivo del costo-opportunità dell'area.

È necessario sottolineare che la scelta di includere o meno B7 nell'analisi dipende dal perimetro del sistema che si sceglie di valutare. Questo beneficio è dunque utile e applicabile quando si sceglie di includere anche la metodologia di generazione e non solo l'impianto di teleriscaldamento di per sé. Inoltre, è importante sottolineare che il beneficio è calcolabile soltanto in contesti nei quali l'opzione di smaltimento in discarica sia permesso dalle normative vigenti. Le principali linee di policy in vigore tendono tuttavia a favorire altre soluzioni per lo smaltimento dei rifiuti. In questi contesti, il beneficio B7 non deve essere incluso nel calcolo del beneficio totale del progetto, in quanto la discarica non sarebbe un'opzione verosimilmente realizzabile²⁴.

²⁴Ad esempio, nel contesto europeo, la Direttiva 2008/98/CE detta anche "Direttiva Quadro Rifiuti" mira a tutelare non solo la salute umana ma anche quella ambientale attraverso la prevenzione degli effetti nocivi della produzione e della gestione dei rifiuti. In particolare, al fine di garantire una maggior tutela ambientale, essa stabilisce una gerarchia per la gestione dei rifiuti che è così schematizzabile. La prevenzione della produzione è preferibile rispetto alla preparazione per il riutilizzo che è preferibile rispetto al riciclaggio che è preferibile rispetto al recupero di altro tipo (ad esempio in energia) che, infine, è

Invece, in quei contesti in cui vi è tuttora un ampio utilizzo della discarica, soluzioni progettuali che evitano e limitano tale modello di smaltimento dei rifiuti dovrebbero considerare il beneficio B7.

2.3.3. Benefici residuali per l'utente finale

L'allacciamento di un'abitazione o un edificio a una rete di teleriscaldamento porta significativi benefici per gli utenti, specialmente in area urbana (Tabella 1). Tra questi risulta la facilità di manutenzione, la riduzione delle superfici immobiliari occupate dagli apparati di generazione/scambio di calore, l'eliminazione di rumori e vibrazioni e infine l'esclusione dall'immobile di vettori energetici potenzialmente pericolosi. A essi si associano la facilità di gestione, una più stretta relazione con il produttore e una maggiore sicurezza di approvvigionamento. Tutti questi benefici attribuibili all'utente finale vengono spesso riassunti in un solo indicatore: comfort. È infatti estremamente complesso stabilire il valore di ciascuno di essi separatamente. L'indicatore B8 è perciò inclusivo di tutte queste variabili.

2.3.3.1. Comfort, recupero di superfici ed esclusione dei vettori pericolosi dall'ambiente domestico

L'aumento del comfort – inteso nella sua accezione più ampia – può essere quantificato sulla base dell'aumento del valore della proprietà, rispetto ad altre di pari caratteristiche, grazie alla presenza del teleriscaldamento (EU, 2014). Il metodo dei prezzi edonici – suggerito anche dalle linee guida europee all'analisi costi-benefici (EU, 2014)²⁵ – è ampiamente consolidato in letteratura, specialmente per lo studio del valore del verde urbano (Donovan & Butry, 2010). Partendo da queste analisi il beneficio B8 (Formula 8) viene determinato dal numero di nuove unità connesse a una rete di teleriscaldamento e dotate di uno scambiatore (U), moltiplicato per i metri quadri medi costituenti ciascuna abitazione (s), per il prezzo edonico medio (P_{Ed}) definito in €/mq.

$$B8 = P_{Ed}(s * U) \quad \text{Formula 8}$$

È importante notare che la metodologia del prezzo edonico include automaticamente eventuali risparmi dell'utente dovuti alla miglior efficienza

preferibile rispetto allo smaltimento. Tale direttiva in Italia è stata recepita dal D.lgs. 152/2006 – Testo Unico Ambiente – e dai provvedimenti attuativi a essa correlati.

²⁵ In questo caso le linee guida (EU 2014) utilizza il metodo dei prezzi edonici per valutare progetti riguardanti la gestione dei rifiuti.



energetica della tecnologia. Sarà dunque necessario escluderli dall'indicatore B1, onde evitare errori di *double counting* (EU, 2014). Allorché si desidera invece valutare separatamente soltanto alcuni benefici, è possibile stimare la disponibilità a pagare degli utenti per determinate caratteristiche del sistema di riscaldamento (così come effettuato da Kim, Lim & Yoo, 2017 e Yoon, Ma & Rhodes, 2015). Tuttavia, questa metodologia è estremamente dispendiosa e sito-specifica.



3. CONCLUSIONI

Il presente studio mira a individuare gli impatti economici e sociali ottenibili da sistemi di teleriscaldamento, proponendo un possibile modello di valutazione per i futuri progetti. Nel contesto italiano, il teleriscaldamento possiede un grande potenziale di espansione che viene sempre più incoraggiato dalle politiche comunitarie e nazionali, le quali ne riconoscono la natura strategica per il raggiungimento degli obiettivi di transizione energetica. Ad oggi in Italia il teleriscaldamento è impiegato soprattutto nelle regioni del nord e serve circa il 5% della popolazione, per la maggior parte in ambito urbano e per uso residenziale (ENEA, 2019). Da una approfondita revisione della letteratura sia grigia sia scientifica sono emersi numerosi benefici derivanti dallo sviluppo degli impianti di teleriscaldamento. La maggior parte di questi viene tuttavia solo individuata e descritta ma raramente monetizzata e quantificata.

Partendo dalla letteratura sono stati identificati otto benefici per i quali sono state proposte specifiche metodologie di monetizzazione economica. Questi ultimi possono esser raggruppati nelle seguenti tre macrocategorie:

- Benefici per il sistema energetico: Incremento di efficienza energetica; Incremento della sicurezza degli approvvigionamenti; Incremento della sicurezza del sistema elettrico; Recupero di calore di scarto;
- Benefici ambientali: Riduzione delle emissioni di CO₂; Riduzione degli inquinanti locali; Riduzione delle superfici impiegate per lo stoccaggio dei rifiuti;
- Benefici residuali per l'utente: Incremento del comfort indoor; Incremento di superficie utile domestica; Esclusione dei vettori pericolosi dall'ambiente domestico.

Per ogni beneficio individuato, lo studio propone specifiche metodologie di monetizzazione, al fine di includere tali benefici all'interno di un'analisi costi-benefici (ACB). In linea con quanto già applicato in altri settori energetici (si veda ad esempio ENTSO-E, 2015), l'ACB è stata riconosciuta come il miglior modello di analisi anche per i progetti di teleriscaldamento, a supporto di tutti gli stakeholder coinvolti. Sebbene in letteratura i benefici connessi alle reti locali siano più numerosi di quelli qui proposti, questi ultimi sono stati selezionati in quanto consentono di valutare tutti gli impatti evitando però di incorrere in errori comuni nell'ACB, quali ad esempio il *double-counting*. Inoltre, per molti dei benefici riconosciuti in letteratura si è riscontrata una carenza di metodologie di monetizzazione, obiettivo invece di questo studio. Questo poiché, l'analisi socioeconomica viene spesso inglobata in analisi tecniche e finanziarie. Dallo studio effettuato, è emersa la necessità di valutare molto più attentamente gli aspetti socio-economici connessi a nuovi impianti e reti energetiche locali. Il modello di valutazione



proposto fornisce un supporto operativo per l'analisi dei benefici connessi al teleriscaldamento e implementabile in ogni contesto, in quanto in grado di dotare tutti gli stakeholder di uno strumento decisionale e di valutazione. È possibile dunque affermare che la metodologia qui sviluppata, non solo arricchisce significativamente la conoscenza scientifica disponibile, ma consente di perfezionare e migliorare i modelli ad oggi impiegati nel settore del teleriscaldamento.





**Università
Bocconi**

GREEN
Centro di ricerca sulla geografia,
le risorse naturali, l'energia,
l'ambiente e le reti

BIBLIOGRAFIA

1. AGCM - Autorità Garante della concorrenza e del mercato (2013). Indagine conoscitiva sul settore del teleriscaldamento. Disponibile a <https://www.agcm.it/media/dettaglio-notizia?id=3d64fbd4-0a6e-436d-88d5-3d53743ab415&parent=News&parentUrl=/media/news>
2. AIM – Associazione Interessi Metropolitan (2018). Il Teleriscaldamento, Una strategia ecologica per l'area metropolitana. Report Milano.
3. AIRU - Associazione Italiana Riscaldamento Urbano (2019). Il riscaldamento Urbano - Annuario 2019.
4. Allan, G., Eromenko, I., Gilmartin, M., Kockar, I., & McGregor, P. (2015). The economics of distributed energy generation: A literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 543-556.
5. ARERA - Autorità di regolazione per Energia Reti e Ambiente (2019). Stato dei Servizi - Relazione annuale 31 marzo 2019. Volume 1.
6. Bertazzi, A., Schiavo, L. L., & Fumagalli, E. (2005). The Use of Customer Outage Cost Surveys In Policy Decision-Making: The Italian Experience. In *Regulating Quality Of Electricity Supply– 18th International Conference on Electricity Distribution (CIRED)*.
7. Cai, M., Cusumano, N., Lorenzoni, A., Pontoni, F. (2017). A comprehensive ex-post assessment of RES deployment in Italy: jobs, value added and import leakages, *Energy Policy*, 110, 234-245.
8. Calise, F., D'Accadia, M. D., Barletta, C., Battaglia, V., Pfeifer, A., & Duic, N. (2017). Detailed modelling of the deep decarbonisation scenarios with demand response technologies in the heating and cooling sector: A case study for Italy. *Energies*, 10(10), 1535.
9. CEER, Council of European Energy Regulators. Brekke, K., Vailati, R., Torstensson, D., Steiner, M., & Falcão, A. (2011, June). CEER recommendations on estimation of costs due to electricity interruptions and voltage disturbances.
10. Comodi, G., Lorenzetti, M., Salvi, D., & Arteconi, A. (2017). Criticalities of district heating in Southern Europe: Lesson learned from a CHP-DH in Central Italy. *Applied Thermal Engineering*, 112, 649-659.
11. Connolly, D., Lund, H., & Mathiesen, B. V. (2016). Smart Energy Europe: The technical and economic impact of one potential 100% renewable energy scenario for the European Union. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 1634-1653
12. Connolly, D., Lund, H., Mathiesen, B.V., Werner, S., Möller, B., Persson, U., Boermans, T., Trier, D., Østergaard, P.A. and Nielsen, S. (2014). Heat Roadmap Europe: Combining district heating with heat savings to decarbonise the EU energy system. *Energy policy*, 65, pp.475-489.
13. DEA, Danish Energy Agency (2016). District Heating Assessment Tool. Visitabile a <https://ens.dk/en/our-responsibilities/global-cooperation/district-heating-assessment-tool-dhat>
14. Donovan, G. H., & Butry, D. T. (2010). Trees in the city: Valuing street trees in Portland, Oregon. *Landscape and urban planning*, 94(2), 77-83.
15. Doračić, B., Novosel, T., Pukšec, T., & Duić, N. (2018). Evaluation of excess heat utilization in district heating systems by implementing levelized cost of excess heat. *Energies*, 11(3), 575.
16. ENEA - Agenzia Nazionale Efficienza Energetica, (2019). Rapporto Annuale Efficienza Energetica 2019. Disponibile al seguente link <https://www.enea.it/it/seguici/pubblicazioni/edizioni-enea/2019/rapporto-annuale-efficienza-energetica-2019>
17. ENEA, AIRU & StudioEnergia (2008). Teleriscaldamento e sistemi energetici integrati. Metodologia di valutazione dei benefici energetici ed ambientali e strumenti di incentivazione. ENEA, Roma.
18. ENTSO-E (2015). Guidelines for Cost-Benefit Analysis of Grid Development Projects.
19. EU - European Union (2014). Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects. Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020.
20. EU - European Union (2019). Clean Energy for all Europeans package - Energia pulita per tutti gli europei. Disponibile a <https://op.europa.eu/it/publication-detail/-/publication/b4e46873-7528-11e9-9f05-01aa75ed71a1>
21. Euroheat & Power (2011). District Heating in Buildings. <https://www.euroheat.org>
22. Eurostat. Statistic explained. Visitato Gennaio 2020. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Main_Page
23. Fang, H., Xia, J., Zhu, K., Su, Y., & Jiang, Y. (2013). Industrial waste heat utilization for low temperature district heating. *Energy policy*, 62, 236-246.



24. Friedrich, R., Rabl, A., & Spadaro, J. V. (2001). Quantifying the costs of air pollution: the ExternE project of the EC. *Pollution Atmosphérique*, 77-104.
25. GSE - Gestore dei Servizi Energetici (2019). Teleriscaldamento e Teleraffrescamento 2017. Nota di approfondimento Ottobre 2019.
26. IEA-DHC-CHP (2015). The international hub for district energy research. Disponibile al sito: <http://www.iea-dhc.org/home.html>
27. Ilic, D. D., & Trygg, L. (2014). Economic and environmental benefits of converting industrial processes to district heating. *Energy conversion and management*, 87, 305-317.
28. Ivner, J., & Viklund, S. B. (2015). Effect of the use of industrial excess heat in district heating on greenhouse gas emissions: A systems perspective. *Resources, Conservation and Recycling*, 100, 81-87.
29. Ivner, J., & Viklund, S. B. (2015). Effect of the use of industrial excess heat in district heating on greenhouse gas emissions: A systems perspective. *Resources, Conservation and Recycling*, 100, 81-87.
30. JRC, Joint Research Centre. Jakubcionis, M., Santamaria, M., Kavvadias, K., de Raveschoot, R. P., Moles, C., & Carlsson, J. (2015). Best practices and informal guidance on how to implement the Comprehensive Assessment at Member State level.
31. Kelly, S., & Pollitt, M. (2010). An assessment of the present and future opportunities for combined heat and power with district heating (CHP-DH) in the United Kingdom. *Energy Policy*, 38(11), 6936-6945
32. Kim, H. J., Lim, S. Y., & Yoo, S. H. (2017). The convenience benefits of the district heating system over individual heating systems in Korean households. *Sustainability*, 9(8), 1348.
33. Kim, H. W., Dong, L., Choi, A. E. S., Fujii, M., Fujita, T., & Park, H. S. (2018). Co-benefit potential of industrial and urban symbiosis using waste heat from industrial park in Ulsan, Korea. *Resources, Conservation and Recycling*, 135, 225-234.
34. Lund, H., Østergaard, P.A., Chang, M., Werner, S., Svendsen, S., Sorknæs, P., Thorsen, J.E., Hvelplund, F., Mortensen, B.O.G., Mathiesen, B.V. and Bojesen, C., (2018). The status of 4th generation district heating: Research and results. *Energy*, 164, pp.147-159.
35. MISE - Ministero dello Sviluppo Economico, (2019). Piano Nazionale Integrato per l'Energia ed il Clima. <https://www.mise.gov.it/index.php/it/per-i-media/notizie/2040668-pniec2030>
36. Molocchi, A., Recchini, E., & Tudini, A. (2019). Polluter Pays Principle in power production to gradually phase-out fossil fuels in Italy. *ECONOMICS AND POLICY OF ENERGY AND THE ENVIRONMENT*.
37. Moser, S., Mayrhofer, J., Schmidt, R. R., & Tichler, R. (2018). Socioeconomic cost-benefit-analysis of seasonal heat storages in district heating systems with industrial waste heat integration. *Energy*, 160, 868-874.
38. Noussan, M. (2018). Performance indicators of District Heating Systems in Italy—Insights from a data analysis. *Applied Thermal Engineering*, 134, 194-202.
39. Olsson, L., Wetterlund, E., & Söderström, M. (2015). Assessing the climate impact of district heating systems with combined heat and power production and industrial excess heat. *Resources, Conservation and Recycling*, 96, 31-39.
40. Rosada, J. (1988). Characteristics of district heating-advantages and disadvantages. *Energy and Buildings*, 12(3), 163-171.
41. Stratego (2015). Enhanced Heating and Cooling Plans to Quantify the Impact of Increased Energy Efficiency in EU Member States. Translating the Heat Roadmap Europe Methodology to Member State Level. Work Package 2 Country Report: Italy. Disponibile a <https://heatroadmap.eu/wp-content/uploads/2018/11/STRATEGO-WP2-Country-Report-Italy.pdf>
42. US Department of Energy (2019). Energy Efficiency and Energy Security Benefits of District Energy. Report to Congress, Washington DC, July 2019.
43. Viklund, S. B., & Johansson, M. T. (2014). Technologies for utilization of industrial excess heat: Potentials for energy recovery and CO2 emission reduction. *Energy Conversion and Management*, 77, 369-379.
44. Viklund, S. B., & Karlsson, M. (2015). Industrial excess heat use: Systems analysis and CO2 emissions reduction. *Applied energy*, 152, 189-197.
45. Volkova, A., Mashatin, V., Hlebnikov, A., & Siirde, A. (2012). Methodology for the improvement of large district heating networks. Scientific Journal of Riga Technical University. *Environmental and Climate Technologies*, 10, 39-45.
46. Weinberger, G., Amiri, S., & Moshfegh, B. (2017). On the benefit of integration of a district heating system with industrial excess heat: An economic and environmental analysis. *Applied Energy*, 191, 454-468.



47. Werner, S. (2006). Ecoheatcool WP4–Possibilities with more District Heating in Europe. Euroheat and Power, Belgium. Available at www.ecoheatcool.org.
48. Werner, S. (2007). Benefits with more district heating and cooling in Europe. In 20th World Energy Conference, Rome, Italy, November 11-15, 2007.
49. Werner, S. (2017). International review of district heating and cooling. *Energy*, 137, 617-631.
50. Woods, P. (2012). ETI Macro Distributed Energy Project, Energy Technologies Institute.
51. Yan, Q., & Qin, C. (2017). Environmental and economic benefit analysis of an integrated heating system with geothermal energy—a case study in Xi'an China. *Energies*, 10(12), 2090.
52. Yoon, T., Ma, Y., & Rhodes, C. (2015). Individual Heating systems vs. District Heating systems: What will consumers pay for convenience?. *Energy Policy*, 86, 73-81.
53. Zinko, H. et al. (2008). "District heating distribution in areas with low heat demand density", IEA R&D Programme on "District Heating and Cooling, including the integration of CHP". Disponibile al sito: http://old.iea-dhc.org/reports/pdf/Energiteknik_IEA-Final-report-5.pdf



This report can be downloaded at

www.green.unibocconi.eu

The opinions expressed herein

do not necessarily reflect the position of GREEN-Bocconi.

GREEN

Centre for Geography, Resources, Environment, Energy and Networks

via Röntgen, 1

20136 Milano - Italia

www.green.unibocconi.eu

© Università Commerciale Luigi Bocconi – June 2020