

D.T2.2.1 LINEE GUIDA DI PROGETTAZIONE PER RETI DI TELERISCALDAMENTO DI PICCOLA TAGLIA

Versione internazionale

Versione 3

08 2020





Indice

1. Introduzione	2
1.1. Sistemi di teleriscaldamento a fonti energetiche rinnovabili	2
1.2. Procedura di progetto.....	4
1.3. Aspetti legali e normative specifiche nazionali e regionali	4
1.4. Gestione della qualità	6
2. Analisi di fattibilità	7
2.1. Pre-fattibilità	7
2.2. Studio di fattibilità dettagliato	8
3. Progettazione dettagliata, gare d'appalto e costruzione	12
4. Messa in servizio e ottimizzazione	13
5. Allegato: Raccolta di strumenti	15
6. Riferimenti.....	17



1. Introduzione

Le linee guida di progettazione per il teleriscaldamento (TLR) da biomassa e altre fonti rinnovabili mirano a fornire una panoramica della procedura di progettazione dall'avvio del progetto alla fase di messa in funzione dell'impianto. Esse si basano sulle linee guida del sistema 'QM Holzheizwerke', sull'esperienza dei partner di progetto austriaci e tedeschi e su altri progetti europei incentrati sul TLR a fonti energetiche rinnovabili (FER). I destinatari di queste linee guida sono i potenziali operatori e investitori di sistemi di TLR a FER.

Una progettazione di alta qualità influenza fortemente l'efficienza e il successo economico dell'impianto. Dopo la costruzione di un impianto, eventuali errori di progettazione possono essere corretti solo con elevati costi o non possono essere corretti affatto. La procedura di progettazione e messa in servizio, pertanto, è essenziale per il successo a lungo termine del progetto. Si raccomanda vivamente, quindi, di coinvolgere esperti di progettazione già in una fase iniziale del progetto, poiché le loro competenze e conoscenze sono preziose e assolutamente necessarie.

Le linee guida del sistema 'QM Holzheizwerke' sono una versione più completa di questo documento e possono essere scaricate dal sito www.qmholzheizwerke.ch.

Il progetto europeo ENTRAIN mira a migliorare le capacità delle autorità pubbliche di sviluppare e attuare strategie e piani d'azione locali per il potenziamento dell'uso di fonti di energia rinnovabile locali nelle piccole reti di TLR, che si tratti di energia solare, biomassa, calore residuo, pompe di calore o energia geotermica. L'attuazione di questi piani d'azione porterà ad una riduzione delle emissioni di CO₂, a un miglioramento della qualità dell'aria e a benefici socio-economici per le comunità locali attraverso la crescita delle competenze tecniche, l'avvio di investimenti e di strumenti finanziari innovativi. Il progetto è finanziato nell'ambito del programma INTERREG CENTRAL EUROPE.

1.1. Sistemi di teleriscaldamento a fonti energetiche rinnovabili

I sistemi di teleriscaldamento distribuiscono il calore prodotto da una varietà di fonti a edifici residenziali, pubblici e commerciali utilizzando tubazioni interrato isolate. Invece di singole unità di fornitura di calore in ogni edificio (ad esempio una caldaia a gas), la rete di TLR fornisce il calore necessario per ogni edificio (utenza) grazie all'acqua calda che scorre attraverso la rete stessa.

I sistemi di teleriscaldamento comprendono tipicamente:

- Impianti di produzione di calore centrale o distribuito (ciascuno può avere più unità di produzione) dove il calore viene generato utilizzando un solo combustibile o una sola fonte (impianti monovalenti) o diversi combustibili o fonti di calore (impianti bivalenti/multivalenti). Ogni punto di immissione nella rete è dotato di pompe di circolazione, di un contatore di calore e di un controllo della temperatura. Opzionalmente, le unità di produzione di calore possono essere dotate di sistemi di accumulo termico.
- Tubi interrati isolati che trasportano l'acqua calda nella rete in un circuito chiuso. Le tubazioni consistono tipicamente in una linea di mandata che trasporta l'acqua riscaldata alle utenze e una linea di ritorno (parallela alla linea di mandata) che trasporta l'acqua raffreddata alle unità di riscaldamento. I sistemi a due tubi e l'acqua come mezzo di trasferimento del calore costituiscono la configurazione più comune, mentre rimangono solo pochi sistemi a vapore e i sistemi a 3 o 4 tubi sono di solito utilizzati solo per applicazioni speciali.
- Stazioni di trasferimento del calore (scambiatore di calore, apparecchiature di controllo e misurazione, valvole, ecc.) per trasferire il calore dalla rete di tubazioni a ogni utenza collegata al sistema. La stazione di trasferimento del calore separa il sistema di TLR dal lato dell'utenza e consente una fornitura di calore sicura, la misurazione/fatturazione e il controllo. A seconda delle dimensioni, delle



norme tecniche e dei requisiti speciali, sono applicabili diverse tipologie di stazioni di trasferimento del calore. Un'alimentazione diretta, sebbene possibile, non è frequente.

L'utilizzo di biomassa (cippato, corteccia, residui vari di legno, paglia, ecc.) e gli impianti di TLR con essa alimentati sono frequentemente utilizzati. Essi sono tipicamente costituiti da uno o più caldaie a biomassa con recupero di calore (ad esempio economizzatore e condensazione dei gas di scarico), un sistema di stoccaggio e trasporto del combustibile, un sistema di pulizia dei gas di scarico (ventilatore dei gas di scarico, condotti e canna fumaria) e un sistema di gestione e stoccaggio delle ceneri, nonché un sistema idraulico, elettrico, di misura e di controllo.

Oltre alla biomassa come combustibile principale dell'attuale TLR, diverse altre fonti di calore rinnovabile stanno diventando sempre più importanti e sono combinate con impianti a biomassa o integrate in altri sistemi di TLR, come ad esempio:

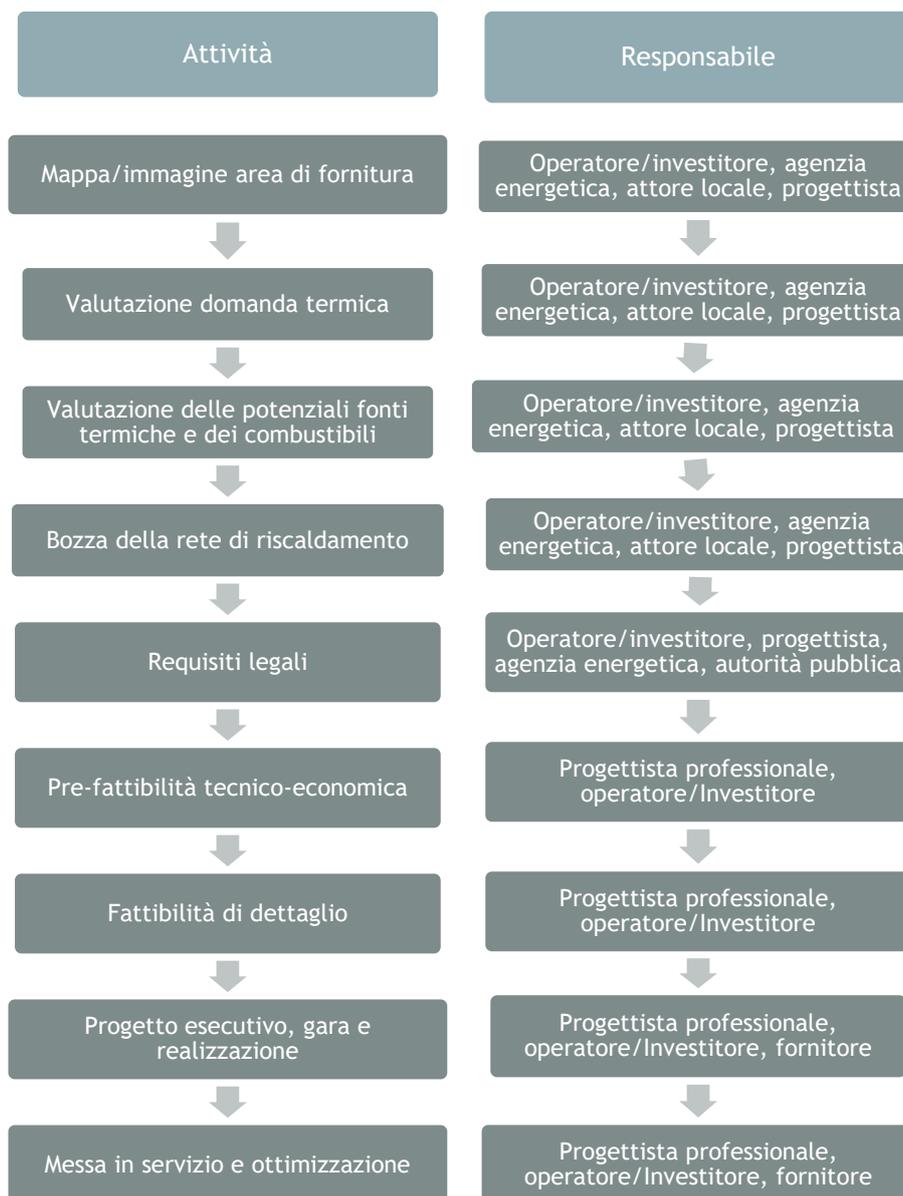
- Collettori solari termici
- Calore di scarto direttamente utilizzabile (se il livello di temperatura è sufficiente) o impiego in pompa di calore a bassa temperatura del calore di scarto proveniente da varie fonti industriali o di altro tipo
- Utilizzo del calore ambiente (aria, laghi, fiumi, energia geotermica a bassa profondità) da impianti di trattamento delle acque di scarico e delle acque reflue
- Energia geotermica

Anche se queste tecnologie alternative per la produzione di calore differiscono in modo significativo dagli impianti di TLR a biomassa, la procedura generale di progettazione e costruzione, i criteri di qualità e le considerazioni di base relative al dimensionamento basato sulla domanda di calore del consumatore sono molto simili. Il progetto ENTRAIN fornisce linee guida per una valutazione semplificata del potenziale di calore rinnovabile (si veda www.interreg-central.eu/ENTRAIN).

Anche i sistemi di TLR a FER possono avere unità di riscaldamento a gas naturale o a gasolio come back-up e/o per la copertura dei picchi di carico. A seconda della situazione, questo può essere tecnicamente ed economicamente significativo, se la quota di combustibile fossile rimane trascurabile.

1.2. Procedura di progetto

La procedura per la progettazione e la realizzazione di un sistema di TLR da rinnovabili contiene varie attività che dovrebbero svolgersi in un ordine cronologico specifico. Per ciascuna di queste fasi sono coinvolti e responsabili specifici attori e portatori di interesse:



1.3. Aspetti legali e normative specifiche nazionali e regionali

La progettazione, la costruzione e l'esercizio di impianti di TLR da rinnovabili sono regolati da varie leggi, disposizioni e norme e richiedono permessi di costruzione e di esercizio. Oltre alle norme e agli standard generali per l'ingegneria civile, meccanica, elettrica e del riscaldamento e agli aspetti legali generali per la fondazione e la gestione di una società di fornitura di calore, i seguenti aspetti devono essere considerati in particolare nell'ambito della progettazione e dell'ottenimento di permessi edilizi e ambientali:

- Standard per i combustibili da biomassa, assortimenti speciali di combustibili e qualità dei combustibili e quote di utilizzo



- Disponibilità di combustibili da biomassa, logistica e relativi requisiti per il trasporto e lo scarico, nonché potenziali disturbi da rumore
- Emissioni (solide, liquide, gassose, rumore, odori), limiti di emissione e relativi requisiti in materia di pulizia dei fumi e prevenzione delle emissioni, punti di misurazione delle emissioni nel condotto dei fumi o nella canna fumaria
- Manipolazione delle ceneri, utilizzo (ad esempio come fertilizzante o additivo) e smaltimento
- Norme generali di sicurezza, dispositivi di sicurezza speciali per impianti di riscaldamento
- salute e sicurezza sul lavoro, compresa la protezione anticaduta, la protezione contro il contatto accidentale (superfici calde, nastri trasportatori), pericolo di soffocamento (ad esempio nei depositi di combustibile)
- Protezione antincendio generale, compresa la prevenzione delle esplosioni (gas, polveri) e la protezione contro i fulmini, protezione antincendio strutturale, dispositivi speciali per il rilevamento di incendi e la protezione dei forni a biomassa
- Tutte le norme tecniche e legali relative alla costruzione e al funzionamento delle reti di TLR, comprese le servitù per la rete di tubazioni e i requisiti di qualità dell'acqua
- Regolamentazioni in materia di misurazione, fatturazione e regolamentazione dei prezzi del calore (se esistenti), protezione della privacy dei dati
- Schemi di finanziamento e relativi aspetti legali, economici e criteri e vincoli tecnici
- Potenziali disturbi dei residenti vicini (emissioni, rumore, odore, traffico)
- Requisiti di utilizzo del terreno, ad esempio per i grandi impianti solari e i depositi
- Altri potenziali problemi: particolari requisiti ambientali (p.es. aree protette), protezione dalle inondazioni, conservazione del patrimonio architettonico, valutazione dell'abbagliamento solare)
- L'implementazione di altre fonti (calore di scarto, pompe di calore, geotermico) può causare ulteriori problemi legali, permessi o vincoli che devono essere controllati

Poiché i regolamenti possono differire da paese a paese, essi non possono essere inclusi in queste linee guida di pianificazione. È responsabilità degli esperti/progettisti, quindi, conoscere e applicare le norme e gli standard corrispondenti utilizzati per il paese specifico, ottenere i permessi di costruzione e di esercizio e garantire che la progettazione e la costruzione dell'impianto siano conformi allo stato dell'arte.

Per l'Italia è opportuno sottolineare alcune disposizioni legislative centrali per il teleriscaldamento:

- Impianti solari termici e caldaie a biomassa possono usufruire dell'incentivo 'Conto Termico'; in particolare, per il solare termico tale incentivo può permettere di coprire tra il 40% e il 65% del costo d'investimento complessivo ed è accessibile per impianti con superficie lorda fino a 2.500 m². I dettagli sono disponibili su <https://www.gse.it/servizi-per-te/efficienza-energetica/conto-termico>
- Diversi aspetti del teleriscaldamento, come la qualità e le tariffe, sono regolate da una serie di delibere di ARERA. Si segnala, in particolare, la 548/2019/R/TLR del 17/12/2019 sulla 'Regolazione della qualità tecnica del servizio di teleriscaldamento e teleraffrescamento', valida fino al 2023 (<https://www.arera.it/it/docs/19/548-19.htm>). Per maggiori dettagli, si veda https://www.arera.it/it/operatori/operatori_tlr.htm



- La Legge n.448 del 23 dicembre 1998 e la Legge n.203 del 22 dicembre 2008 hanno introdotto un credito d'imposta per l'energia termica prodotta da reti di teleriscaldamento alimentate da calore rinnovabile proveniente da biomasse o da fonte geotermica. Ai clienti viene così riconosciuto direttamente in bolletta uno sgravio fiscale, pari a circa 2 centesimi di €, collegato al quantitativo di calore rinnovabile utilizzato e solitamente indicato esplicitamente nella fattura.
- Il Decreto Legislativo 28/2011 prevede che gli impianti di produzione di energia termica degli edifici realizzati o ristrutturati dal 1° gennaio 2018 devono garantire il contemporaneo rispetto della copertura, tramite fonti rinnovabili, del 50% dei consumi previsti per l'acqua calda sanitaria e del 50% della somma dei consumi previsti per l'acqua calda sanitaria, il riscaldamento e il raffrescamento. Non sono soggetti all'obbligo, tuttavia, gli edifici allacciati a una rete di teleriscaldamento che copra l'intero fabbisogno di calore per il riscaldamento degli ambienti e la fornitura di acqua calda sanitaria.

I termini utilizzati in queste linee guida possono variare da paese a paese. Si prega di fare riferimento agli autori, alla letteratura o al vostro esperto di progettazione in caso di dubbi.

1.4. Gestione della qualità

Gli impianti di TLR da rinnovabili sono progetti infrastrutturali con elevati investimenti iniziali e lunghi periodi di vita e di ammortamento. La complessità della progettazione e dell'investimento comporta numerosi rischi. La gestione della qualità per gli impianti di TLR a biomassa (il sistema [QM Holzheizwerke®](#)) è un sistema di gestione della qualità legato al progetto che aiuta i proprietari degli impianti a conseguire effettivamente la qualità richiesta e a ridurre questi rischi.

Il sistema QM è il risultato di una cooperazione transfrontaliera basata su una squadra di sviluppatori (ARGE QM Holzheizwerke) composta da esperti provenienti da Germania, Austria e Svizzera, costantemente impegnati nel miglioramento del sistema.

Gli obiettivi di qualità più importanti del sistema QM sono:

- funzionamento affidabile e a bassa manutenzione
- elevati indici di utilizzo e basse perdite di distribuzione
- basse emissioni in tutte le condizioni operative
- sistemi di controllo precisi e stabili
- sostenibilità ecologica ed economica

2. Analisi di fattibilità

2.1. Pre-fattibilità

Responsabili: Progettista, agenzia energetica/consulente, investitore

Le analisi di prefattibilità sono una fase iniziale di progettazione strategica per identificare o valutare le potenziali aree di fornitura e le potenziali fonti di calore e per verificare, in prima approssimazione, la fattibilità di un progetto di TLR.

Il risultato è una base di informazioni per decidere se si devono intraprendere ulteriori passi, come ad esempio eseguire un studio di fattibilità di dettaglio. Uno studio di pre-fattibilità, infatti, non è sufficiente per decidere in merito alla realizzazione di un impianto.

Il primo passo dell'analisi preliminare è una determinazione indicativa e una mappatura della domanda di calore di tutti i consumatori (riscaldamento degli ambienti, acqua calda sanitaria, calore di processo) all'interno di una potenziale area di fornitura.

La stima accurata della richiesta di calore è un compito che richiede tempo, soprattutto per un gran numero di consumatori. Lo sforzo in questa fase, pertanto, dovrebbe essere limitato a trovare le aree più promettenti con un elevato fabbisogno di calore, concentrandosi sui consumatori più grandi. L'approccio proposto è l'utilizzo di strumenti già disponibili (spesso gratuiti) e di dati facilmente accessibili (ad esempio i certificati di prestazione energetica). Una descrizione degli strumenti GIS disponibili gratuitamente e di diversi semplici metodi di calcolo della domanda di calore si trova nel documento allegato che raccoglie alcuni strumenti di calcolo. Una determinazione dettagliata della domanda di calore, compreso l'audit a tutti i consumatori per valutare i loro dati, è lo scopo dello studio di fattibilità dettagliato, ma è consigliabile comunque contattare alcuni dei principali consumatori per verificare il loro fabbisogno di calore e il loro interesse per il TLR da rinnovabili.

Conoscendo la domanda di calore dei singoli consumatori, è possibile determinare le aree a densità di domanda di calore come primo criterio per valutare l'idoneità dell'area al TLR. La densità della domanda di calore in kWh/m² anno è definita come il rapporto tra la domanda di calore annuale dei consumatori nell'area di fornitura potenziale e la superficie totale del terreno.

Una prima valutazione può essere fatta confrontando le densità di domanda di calore di un'area con i valori di riferimento della seguente tabella.

Valori di riferimento per la densità della domanda di calore nella valutazione per il TLR (Good et al., 2008)

Idoneità del sistema di TLR	Densità della domanda di calore in kWh/m² anno
Basso	< 50
Medio	50 - 70
Alto	> 70

Oltre a determinare il fabbisogno di calore, è necessario effettuare un'indagine sulle possibili fonti di energia termica all'interno o in prossimità della potenziale area di fornitura. Un impianto di riscaldamento a biomassa potrebbe servire come punto di partenza, a condizione che ci siano risorse adeguate disponibili entro una certa distanza (ad esempio 50 km, ma questo valore varia a seconda delle dimensioni dell'impianto

e della qualità del combustibile). Si raccomanda vivamente di iniziare a valutare anche le potenzialità delle applicazioni del calore di scarto, del solare termico e delle pompe di calore. La determinazione delle potenziali fonti influenza fortemente le prime considerazioni economiche e la determinazione delle potenziali ubicazioni degli impianti.

Il passo successivo è quello di redigere un potenziale percorso della rete di tubazioni considerando i principali siti di produzione e le utenze, concentrandosi sulle aree ad alta densità di calore e sui grandi consumatori. Sulla base di ciò, si può calcolare la densità lineare della domanda di calore, definita come il rapporto tra il fabbisogno annuo di calore delle utenze collegate e la lunghezza totale necessaria del percorso della rete di TLR.

I sistemi di TLR con una densità di richiesta di calore lineare superiore a 1,2 MWh/m anno sono promettenti e dovrebbero essere ulteriormente valutati. Ciò dipende, tuttavia, anche dalle specifiche condizioni al contorno e dalla fase di espansione della rete. Condizioni al contorno favorevoli che consentono densità di calore lineari più basse, ad esempio, significano bassi costi di costruzione per la realizzazione delle tubazioni o bassi prezzi del combustibile.

Valori guida per la densità termica lineare minima richiesta del sistema di TLR (Good et al., 2008).

Grado di collegamento	Densità lineare minima della domanda di calore in kWh/m ² anno	
	Condizioni al contorno favorevoli	Condizioni al contorno sfavorevoli
Prima fase di espansione	0,7	1,4
Fase finale di espansione	1,2	2,0

Sulla base di questi risultati di base, un esperto è in grado di determinare un concetto di massima di una possibile configurazione dell'impianto di TLR considerando le potenziali fonti di calore e le dimensioni dell'impianto. Utilizzando i costi di investimento specifici per le unità di produzione di calore, i lavori di costruzione e la rete di tubazioni, si può quindi effettuare una prima valutazione economica indicativa. Poiché, però, si tratta di una fase iniziale della progettazione, con le ipotesi e le incertezze del caso, tale valutazione tecnica ed economica è solo indicativa e non consente di prendere una decisione finale sull'investimento. Se i risultati dello studio di prefattibilità sono promettenti, si raccomanda vivamente di effettuare uno studio di fattibilità dettagliato del sistema di TLR secondo il capitolo 2.2.

2.2. Studio di fattibilità dettagliato

Responsabile: Progettista esperto (consulente tecnico)

Lo studio di fattibilità dettagliato mira a sviluppare concetti tecnici fattibili basati su un'indagine affidabile della domanda di calore e su condizioni quadro definite, e fornisce una valutazione economica completa di questi concetti.

I risultati dello studio di fattibilità consentono agli investitori di decidere se il progetto debba essere realizzato o meno.

Questo studio parte dai dati e dai risultati già individuati nella pre-fattibilità, che vengono ulteriormente valutati e convalidati e trasformati in concetti tecnici dettagliati. Si raccomanda di sviluppare diversi concetti (ad esempio fonti di calore, impostazioni tecniche e dimensionamento dell'impianto e della rete, ubicazione degli impianti, percorso della rete, ecc.), per poi valutarli e confrontarli al fine di trovare l'opzione migliore.



È di grande importanza investire tempo e denaro in uno studio di fattibilità dettagliato per trovare la migliore soluzione tecnica ed economica, ridurre al minimo i rischi di investimento e ottenere una base affidabile per ulteriori decisioni che hanno un'influenza significativa sul successo di un progetto. Si raccomanda, pertanto, di assegnare questo compito a progettisti professionisti ed esperti del tema.

Miglioramento dei dati disponibili

Il primo passo è la revisione del fabbisogno di calore (fabbisogno annuo di calore, capacità di riscaldamento installata e temperature di esercizio) per ridurre l'incertezza dei risultati. È necessaria, pertanto, un'indagine dettagliata del fabbisogno di calore per le aree di fornitura determinate nello studio di prefattibilità. Si raccomanda di visitare i potenziali clienti e di raccogliere i dati richiesti direttamente da loro (ad esempio le bollette). A tale scopo può essere utilizzato un questionario sui dati dei consumatori (ad esempio quello del sistema riportato in allegato). Nel caso di edifici di nuova costruzione, il fabbisogno annuo di calore può essere calcolato secondo metodi standardizzati, ad esempio la norma EN ISO 13790. Solo le informazioni mancanti devono essere aggiunte utilizzando altri metodi e ipotesi ben fondate basate sulle informazioni disponibili, ad esempio il tipo di edificio, l'anno di costruzione, il numero di residenti, le informazioni note (ad esempio la capacità di riscaldamento) per oggetti simili. Deve essere valutato, inoltre, il potenziale interesse di ogni consumatore a connettersi alla rete. Prima di prendere una decisione definitiva sull'investimento, almeno il 75% della vendita di calore prevista deve essere garantito da contratti di fornitura di calore o da accordi preliminari.

Progettazione del sistema di TLR

In questa fase di progettazione occorre determinare la probabile ubicazione degli impianti di riscaldamento e di altre fonti di calore. Se necessario e possibile, gli appezzamenti di terreno richiesti devono essere bloccati mediante un accordo preliminare. Conoscendo la posizione e il fabbisogno di calore dei consumatori e la posizione della centrale termica di riscaldamento o delle fonti di calore si può fare una progettazione preliminare della rete (percorso, dimensionamento delle tubazioni). Alcune considerazioni centrali sono quindi:

- La rete di tubazioni dovrebbe essere la più corta possibile per ridurre gli investimenti, le perdite di calore e i costi di pompaggio.
- La centrale termica deve essere il più vicino possibile ai consumatori (soprattutto quelli di grandi dimensioni). Ci sono, tuttavia, diversi altri aspetti da considerare, tra i quali il prezzo del terreno, la logistica del combustibile (ad esempio, le restrizioni di accesso dei camion), l'accesso alle infrastrutture di base (rete elettrica, approvvigionamento idrico, rete fognaria, ecc.)
- Il dimensionamento di base delle tubazioni si basa sulla capacità di trasporto del calore richiesta per ogni tubo o sezione della rete (in relazione alla capacità e all'ubicazione dei consumatori e dei produttori), sulle temperature del sistema (differenza di temperatura) e sulle velocità massime di flusso raccomandate o su una specifica perdita di carico (in Pa/m) che può essere derivata dalla letteratura o dalle norme tecniche. Si tratta, in sostanza, di un complesso problema di ottimizzazione tecnico/economica che bilancia gli investimenti rispetto ai costi per le perdite di calore e il pompaggio, mentre devono essere considerati anche diversi altri fattori di influenza (ad esempio lo sviluppo futuro della domanda di calore e dell'area di fornitura). Per lo studio di fattibilità sono sufficienti una progettazione e un dimensionamento di base per determinare i costi di investimento e di esercizio. Per la fase di pianificazione dettagliata, invece, si raccomanda vivamente un calcolo completo e l'ottimizzazione della rete con l'utilizzo di un software dedicato.



- I tubi preisolati per il TLR rappresentano lo stato dell'arte della tecnica. L'impiego di tubi in acciaio o in plastica dipende dalla temperatura e dalla pressione del sistema e da altri fattori. Lo stesso vale per la scelta dello standard di isolamento dei tubi ma, al giorno d'oggi, le reti di nuova costruzione o gli ampliamenti richiedono solitamente standard molto elevati.
- I produttori offrono realizzazioni standard per stazioni di trasferimento del calore fino a 200 kW o anche prodotti adattabili a requisiti speciali (ad esempio la misurazione) Per i grandi consumatori o per i consumatori con esigenze speciali vengono applicate realizzazioni individuali.

Si noti che i costi di investimento della rete di TLR costituiscono una parte importante dell'investimento complessivo. Una progettazione ottimale, pertanto, è di grande importanza e influenzerà fortemente la fattibilità economica del progetto.

Progettazione della produzione di calore

La decisione su quali fonti di calore utilizzare dipende dalla disponibilità, dai costi e da molti altri fattori (distanza dalla rete, profilo di alimentazione, livello di temperatura). Ciò richiede una valutazione da parte di esperti che considerino la situazione locale. Si raccomanda di prendere in considerazione tutte le opzioni rinnovabili. Esiste una chiara tendenza all'utilizzo di tutte le fonti di calore disponibili a livello locale. Nessuna opzione, pertanto, dovrebbe essere esclusa senza una valutazione dettagliata. Lo sviluppo di configurazioni tecniche delle unità di produzione è un compito complesso che deve essere svolto dagli esperti, ma vi sono alcune considerazioni di carattere generale:

- I requisiti principali della produzione di calore sono l'alta efficienza, l'uso minimo di risorse, la riduzione al minimo delle emissioni, l'alta affidabilità e sicurezza di approvvigionamento e la riduzione al minimo dei costi di generazione del calore.
- Il dimensionamento delle caldaie e delle altre unità produttive dipende fortemente dal profilo di carico della rete (profilo cumulativo di tutte le utenze). Nell'interazione di tutte le unità di produzione (ad esempio biomassa e solare termico) e degli accumuli, il profilo di carico termico richiesto deve essere coperto in qualsiasi momento. Ogni unità di produzione, tuttavia, presenta dei vincoli riguardanti il profilo di fornitura, i carichi minimo e massimo, il comportamento a carico parziale e i gradienti di variazione del carico, i tempi di avvio e di arresto necessari e molti altri fattori che devono essere considerati.
- Gli stati operativi al di fuori dei limiti definiti per ogni singola unità di produzione (ad esempio sotto il tasso di carico minimo, avviamenti e arresti frequenti) e le interazioni tra le unità di produzione che causano tali stati operativi devono essere evitati a tutti i costi.
- La configurazione e il dimensionamento dovrebbero garantire un'elevata flessibilità operativa (ad esempio, un impianto multi-caldaia è molto più flessibile di un impianto a caldaia singola) consentendo, inoltre, possibili ampliamenti futuri.
- Impianti sovradimensionati portano a basse ore di funzionamento a pieno carico, alti costi di investimento e basso utilizzo del capitale, nonché a bassa efficienza e ad altri problemi operativi.
- Gli impianti di riscaldamento a biomassa dovrebbero avere un concetto di fornitura di combustibile predefinito per garantire la disponibilità di combustibile in un secondo momento e per definire la qualità del combustibile al fine di ottenere un'adeguata tecnologia di stoccaggio, movimentazione e combustione e i costi del combustibile.



Valutazione economica e analisi di sensibilità [cosa si intende per sensibilità?]

Una volta progettati la rete di TLR e le unità di produzione di calore, è possibile determinare in dettaglio tutti i relativi costi di investimento e di esercizio ed effettuare una valutazione economica dei diversi concetti di impianto. Anche se esistono diversi metodi di calcolo semplificati, si consiglia di utilizzare un modello dinamico di flusso di cassa per calcolare il periodo di ammortamento degli investimenti. I costi di generazione del calore, inoltre, possono essere calcolati utilizzando un metodo di rendita. In ogni caso, è necessaria una definizione seria e comprovata dei costi di investimento e di esercizio che tenga conto di tutti gli aspetti e dei futuri reinvestimenti. Non vanno dimenticati poi i costi di progettazione e manutenzione, i costi del personale, i veicoli (se necessari), i costi di finanziamento e altri costi. Lo strumento excel "Calcolo della redditività economica", elencato in allegato, può essere utilizzato per effettuare un calcolo economico di dettaglio.

Si noti che l'affidabilità dei risultati ottenuti dipende molto dai dati di input. È importante, perciò, che un progettista esperto sia responsabile di questo calcolo e che tutti i dati di input siano controllati e convalidati criticamente dall'investitore. Per considerare i ricavi della vendita di calore è necessario definire un modello tariffario per tale vendita. Un'analisi dei prezzi del riscaldamento locale aiuterà a determinare un prezzo competitivo per la vendita del calore. Lo strumento Excel "Confronto dei costi", elencato in allegato, può servire proprio per effettuare questa analisi. Un'analisi di sensibilità aiuterà poi a capire quali sono i parametri che influenzano maggiormente i risultati e a valutare tutti gli scenari, nonché a determinare i ricavi minimi richiesti (prezzo di vendita del calore) o un prezzo massimo del combustibile.

È importante, infine, prendere in considerazione alcune condizioni locali, quali possibili sovvenzioni e sinergie con altri progetti (ad esempio costi condivisi per la costruzione della rete se sono in corso lavori di costruzione di strade o altre infrastrutture).

Valutazione finale e decisioni di investimento

I diversi progetti tecnici (scenari) e la valutazione economica sono alla base del processo decisionale. Ogni aspetto rilevante del progetto che non è stato finora preso in considerazione o che non ha potuto essere chiarito (accordi pendenti sulla posa di tubazioni su terreni privati, firma di contratti di vendita di calore, ottenimento dei terreni necessari tramite accordi provvisori) deve essere considerato prima di prendere una decisione definitiva. Una volta presa una decisione d'investimento e garantita contrattualmente la fornitura di calore con la maggior parte dei clienti, la pianificazione dettagliata e la realizzazione del progetto possono iniziare.



3. Progettazione dettagliata, gare d'appalto e costruzione

Responsabili: Progettista esperto, produttore

Obiettivi: sviluppo del concetto tecnico finale e preparazione di tutti i documenti tecnici necessari per la richiesta dei permessi e la costruzione dell'impianto; gara d'appalto per tutti i componenti e le aziende necessarie per la costruzione dell'impianto e della rete; supervisione della costruzione;

Risultati: Tutti i permessi necessari per la costruzione e l'esercizio dell'impianto sono approvati. L'impianto e la rete sono completati e pronti per la messa in servizio.

In primo luogo, il concetto tecnico dello studio di fattibilità deve essere rivisto e convalidato. Questa è la base per la preparazione dei documenti per l'applicazione dei permessi che dipendono dalla rispettiva legislazione nazionale (vedi capitolo 1.3 per i dettagli) e per la gara d'appalto. Per quanto riguarda la gara d'appalto, occorre innanzitutto decidere se utilizzare un appaltatore generale per la costruzione dell'intero impianto o se le singole parti dell'opera devono essere oggetto di varie gare. Entrambe le opzioni hanno vantaggi e svantaggi e devono essere valutate attentamente.

L'assegnazione di un appaltatore generale riduce il lavoro di coordinamento e i costi di investimento non sono necessariamente più elevati, ma occorre garantire che venga applicata una progettazione attenta e seria e che l'appaltatore generale sia un esperto con esperienza e referenze comprovate. Nel caso di una gara d'appalto individuale, l'ambito complessivo dei lavori è suddiviso in sezioni come lavori di costruzione, tubazioni e stazioni di trasferimento del calore, forni/caldaie, trasporto del combustibile, sistemi di smaltimento delle ceneri e dei gas di scarico, impianti idraulici ed elettrici.

Le gare d'appalto individuali consentono una maggiore flessibilità e una maggiore partecipazione al processo decisionale (ad esempio la scelta dei produttori e delle opzioni tecnologiche).

Oltre ai termini e alle condizioni generali, entrambe le opzioni di gara d'appalto devono definire con precisione l'entità totale della fornitura, compresa una documentazione completa dell'impianto (manuali, istruzioni di manutenzione, schede tecniche, disegni tecnici, elenco di parti di ricambio) e le responsabilità reciproche. Si raccomanda di includere criteri dimostrabili per qualità e prestazioni, di definire la procedura di prova delle prestazioni e di includervi le relative garanzie (potenza termica, emissioni, ecc.). L'offerta deve includere penali basate sulle tappe del cronoprogramma (ad esempio, se la consegna al cantiere è in ritardo) e se i principali parametri di qualità e di prestazioni non sono soddisfatti. Il contratto deve includere una cauzione finanziaria valida per tutto il periodo di garanzia, ma che consenta di erogare tale cauzione se viene fornita una garanzia bancaria. I dettagli e le questioni aperte dovrebbero essere negoziati e aggiunti al contratto finale.

Se tutti i componenti principali vengono ordinati, il progettista principale, insieme ai produttori, completa la progettazione dettagliata e prepara tutti i piani di progetto e di costruzione e i documenti necessari per la costruzione. Il coordinamento dei punti di collegamento e dei requisiti individuali di ogni parte dell'impianto (soprattutto se prodotte e consegnate da diversi soggetti), comprese le dimensioni, è fondamentale e deve essere fatto con grande attenzione. Il progettista principale è di solito responsabile della supervisione della costruzione e coordina, secondo un cronoprogramma generale, tutte le parti coinvolte e l'intera opera di costruzione. Una rigorosa supervisione della costruzione aiuta a garantire che l'impianto sia costruito come previsto e a raggiungere una corretta realizzazione e un'alta qualità tecnica. Il progettista principale, o un coordinatore della sicurezza, è responsabile del rispetto di tutte le norme e misure di sicurezza in cantiere. Il supervisore della costruzione deve tenere un registro dell'intera fase di costruzione e segnalare eventuali ritardi, deviazioni o altri incidenti evidenti e deve occuparsi di ogni ambiguità o incongruenza. In caso di carenze nell'esecuzione degli impianti, devono essere intraprese azioni



immediate per correggerle. Il completamento delle singole sezioni dell'impianto deve essere immediatamente segnalato per poter avviare la preparazione e il coordinamento della messa in servizio.

4. Messa in servizio e ottimizzazione

La messa in servizio è il processo che assicura che tutti i sistemi e i componenti di un impianto siano progettati, installati, collaudati, fatti funzionare e mantenuti secondo i requisiti operativi del cliente finale e deve essere applicato per i nuovi impianti e gli impianti esistenti dopo l'espansione o il revamping. L'ottimizzazione operativa è la valutazione della fase iniziale di funzionamento e l'ottimizzazione dei parametri operativi e della strategia di controllo per garantire un'elevata efficienza e durata dell'impianto, nonché basse emissioni.

Responsabili: Produttore, progettista e operatore esperto

'Pre-commissioning' e controllo del sistema

La prima fase della messa in servizio avviene dopo il completamento meccanico ed elettrico dell'impianto e rappresenta una fase necessaria per preparare l'avvio del sistema, compreso un controllo finale se i componenti principali dell'impianto sono costruiti come previsto (in particolare le tubazioni), se i dispositivi di sicurezza sono installati ed operativi, nonché la pulizia, il riempimento e lo sfiato dei sistemi e, infine, le prove di tenuta. L'avvio delle caldaie a biomassa di solito richiede un combustibile piuttosto secco. I silos di stoccaggio del combustibile devono essere riempiti solo fino al 30% nel caso in cui debbano essere svuotati a causa di malfunzionamenti. Si raccomanda che, per motivi di formazione, gli operatori che gestiranno l'impianto siano presenti durante l'intera messa in funzione. Dopo la messa in servizio devono essere effettuati controlli completi del sistema per verificare la funzionalità di ogni componente, di tutti gli azionamenti e attuatori elettrici (incluso il senso di rotazione), dell'intera apparecchiatura di misurazione e delle routine di controllo.

Avviamento

L'avviamento generale di un impianto di TLR deve essere coordinato con l'utenza e durante l'avviamento deve essere garantita una sufficiente potenza termica ai consumatori. Poiché l'avvio di caldaie a biomassa o di altre unità di produzione di calore richiede tempo, la caldaia di picco di emergenza (se esistente) o un'unità di riscaldamento mobile in affitto potrebbe supportare la procedura.

Mentre l'avviamento di piccole caldaie a biomassa è piuttosto semplice, i forni industriali a biomassa su larga scala con rivestimento refrattario necessitano di una procedura di avviamento speciale. Essi devono essere riscaldati lentamente e con attenzione secondo il profilo tempo-temperatura del produttore, mentre si utilizza combustibile a biomassa secca e di alta qualità per asciugare il rivestimento refrattario e controllare tutti i sistemi. Allo stesso tempo tutti gli altri sistemi (trasporto del combustibile, smaltimento delle ceneri, sistema dei gas di scarico, sistemi idraulico ed elettrico) devono essere messi in funzione. Dopo una sufficiente asciugatura del rivestimento refrattario, la potenza termica può essere aumentata gradualmente. A seconda delle dimensioni dell'impianto e del numero di unità di produzione si devono considerare da 1 a 4 giorni e una squadra di messa in servizio (operatore dell'impianto, ingegnere di controllo, progettista e tecnici esperti di tutti i principali componenti dell'impianto) deve essere presente o disponibile in breve tempo.

La messa in servizio è ora terminata e l'impianto è pronto per il collaudo, al fine di verificare se tutti i malfunzionamenti emersi sono stati corretti, e l'impianto è in modalità di funzionamento stabile e



automatica. Devono essere completati, inoltre, tutti i test di sicurezza e la formazione dei successivi operatori dell'impianto.

Periodo di prova e approvazione

Si raccomanda di includere termini e condizioni dettagliate riguardanti un periodo di prova nei contratti di consegna dei principali componenti dell'impianto per una durata che può andare da pochi giorni a un paio di settimane a seconda delle dimensioni e della complessità dell'impianto. Il periodo di prova è di competenza dei produttori, mentre gli operatori dell'impianto lo supportano e lo utilizzano per un'ulteriore formazione. Durante il periodo di prova tutte le prove di rendimento e le misurazioni delle emissioni vengono effettuate secondo i termini e le condizioni del contratto e vengono utilizzate per testare la funzionalità dell'impianto e verificare un funzionamento automatico senza problemi. I difetti e i malfunzionamenti rilevanti devono essere risolti immediatamente. Dopo che il periodo di prova è stato completato con successo, l'entità della fornitura, la documentazione (manuali, certificati, protocolli di prova e di misurazione, ecc.), il completamento dei lavori (ispezione dettagliata dell'impianto) e l'adempimento dei contratti vengono infine controllati e documentati in un protocollo di approvazione. Dopo l'approvazione, la proprietà e la responsabilità dell'impianto vengono consegnate al cliente finale.

Ottimizzazione operativa

Anche se gli impianti sono progettati e costruiti correttamente, l'esperienza dimostra che il funzionamento effettivo di un impianto può differire da quello previsto per vari motivi. Entro i primi 1 o 2 anni di esercizio, un monitoraggio continuo e un'ottimizzazione operativa rivelano carenze della strategia di controllo, dei valori di riferimento e delle condizioni di esercizio non volute (instabilità, fluttuazioni di carico/temperatura, emissioni elevate, bassa efficienza, gestione insufficiente del carico e dello stoccaggio, ecc.). Molti di questi problemi possono essere risolti con poco sforzo regolando il controllo dell'impianto (valore di riferimento di vari parametri, strategia generale).

La base per la valutazione è una descrizione funzionale delle diverse modalità operative, dei parametri di riferimento e dei criteri di qualità predefiniti e di un adeguato sistema di misurazione e di acquisizione dati per un monitoraggio completo di tutti i parametri operativi rilevanti. Per ulteriori informazioni, si può fare riferimento all'[Info Sheet Measuring Equipment](#). Tutto ciò deve essere pianificato e definito durante la fase di progettazione di un progetto, come indicato nelle Q-linee guida, uno dei documenti del sistema QM. Per favorire un'ottimizzazione di successo insieme ai fornitori e al progettista principale, si raccomanda di considerare le riserve finanziarie durante il periodo di garanzia nei contratti di fornitura dei principali componenti dell'impianto e di includere i servizi di monitoraggio e ottimizzazione tra i compiti del progettista.

5. Allegato: Raccolta di strumenti

Panoramica degli strumenti e dei documenti disponibili gratuitamente a supporto della progettazione del teleriscaldamento da rinnovabili

ScenoCalc Fernwärme (SCFW)	<p>SCFW è uno strumento di calcolo per l'integrazione di impianti solari nei sistemi di TLR. Esso utilizza i dati meteorologici orari per calcolare la produzione solare e il sistema di TLR è definito da un profilo di carico con valori orari per le temperature di carico, di mandata e di ritorno. Lo strumento consente una valutazione tecnica con una certa flessibilità ma senza una valutazione economica.</p> <p>https://www.scfw.de/</p>
Sunstore 4	<p>Questo foglio di calcolo Excel può essere utilizzato per realizzare studi di fattibilità per cinque diversi concetti ibridi al 100% di rinnovabili, come il solare termico, l'accumulo stagionale, la pompa di calore e la cogenerazione a biomassa (ORC) o il solare termico, l'accumulo a breve termine e la caldaia a biomassa. Lo strumento Sunstore 4 si basa sulla rete di teleriscaldamento di Marstal (Danimarca) e include i valori di default di quel progetto. Lo strumento può essere utilizzato con altre condizioni al contorno selezionando differenti Paesi.</p> <p>https://www.solar-district-heating.eu/en/tools/</p>
Sophena	<p>Sophena è un software open source per la progettazione di impianti di riscaldamento e reti di riscaldamento locali. Esso offre la possibilità di realizzare la pianificazione tecnica ed economica di un progetto di fornitura di calore. Ulteriori risultati includono un bilancio dei gas serra e la densità di occupazione di calore della rete.</p> <p>https://www.carmen-ev.de/infothek/downloads/sophena</p>
Situationserfassung (sistema QM)	<p>Questo strumento in Excel può essere utilizzato per ottenere una curva di durata del carico e per dimensionare diverse soluzioni tecniche standard con caldaie a biomassa e a combustibile fossile per una serie di condizioni al contorno predefinite (ad esempio siti differenti).</p> <p>https://www.qmholzheizwerke.at/de/situationserfassung.html</p>
B4B BioHeat Profitability Assessment Tool v66	<p>Il calcolatore della redditività del calore B4B BioHeat può essere utilizzato per un confronto dell'efficienza economica (livello di pre-fattibilità) di impianti di generazione di calore di taglia media, alimentati a biomassa solida e a combustibile fossile. Il campo di applicazione è per impianti di riscaldamento a biomassa con e senza reti di TLR, con capacità da 0,1 a 20 MW.</p> <p>https://www.energyagency.at/fakten-service/register.html</p>
Calcolo delle perdite di rete (sistema QM)	<p>Con questo strumento è possibile effettuare una valutazione delle perdite di calore della rete di TLR. Introducendo la lunghezza totale del tubo per ogni diametro e altri dati rilevanti come le temperature della rete.</p> <p>www.qmholzheizwerke.ch</p>
Strumento di calcolo per il teleriscaldamento	<p>Questo strumento in Excel consente una valutazione tecnica ed economica per una specifica lunghezza di tubo e condizioni operative per diversi diametri di tubo. In questo modo, fornisce una buona panoramica dell'influenza del diametro del tubo sui costi annuali.</p>

	http://www.verenum.ch/Dokumente/FW_Tool_DN-Sensi_V1.0_Web.xlsx
TABULA / EPISCOPIO	<p>Durante il progetto TABULA e il suo follow-up EPISCOPE sono state sviluppate tipologie di edifici residenziali per 13 Paesi europei. Seguendo il metodo stagionale descritto nella norma EN ISO 13790, è stato calcolato il fabbisogno energetico per il riscaldamento degli ambienti e la preparazione dell'acqua calda sanitaria per ciascuna di queste tipologie di edifici. I valori per la specifica richiesta di calore possono essere ottenuti direttamente dallo strumento on line oppure utilizzando il file Excel "TABULA.xls".</p> <p>http://episcope.eu/welcome/</p>
Confronto dei costi	<p>Questo strumento calcola in modo semplificato i costi annuali di riscaldamento per diverse soluzioni di fornitura termica (caldaie a gas, pompe di calore, ecc.) ai consumatori privati. Esso fornisce una panoramica dei prezzi del riscaldamento locale ("concorrenza") quando un sistema di TLR è in fase di studio.</p> <p>www.qmholzheizwerke.ch</p>
Calcolo della redditività economica (sistema QM)	<p>Lo strumento "Wirtschaftlichkeitsrechnung" del sistema QM è stato tradotto in inglese ed in italiano nell'ambito del progetto ENTRAIN. Lo strumento può essere utilizzato per effettuare una valutazione economica dinamica dei progetti di sistemi di TLR a biomassa.</p> <p>www.qmholzheizwerke.ch</p>
Stima della domanda di calore - Allegato alle linee guida di progettazione	<p>Questo documento riassume alcune fonti di dati rilevanti (strumenti, database) e metodi semplici per la stima del fabbisogno annuo di calore degli edifici. Esso fornisce una breve descrizione sugli strumenti GIS dove i dati possono essere facilmente recuperati, una banca dati i cui valori del fabbisogno annuo di calore si basano principalmente sulle tipologie di edifici e sull'anno di costruzione, semplici metodi di calcolo basati sulle misurazioni del numero di Gradi Giorno e, infine, un riepilogo sui valori proposti per il fabbisogno di calore per l'acqua calda sanitaria da diverse fonti di dati.</p> <p>https://www.interreg-central.eu/Content.Node/ENTRAIN.html</p>
Questionario sui dati dei consumatori di calore (sistemi QM)	<p>Questo questionario è una traduzione di "Fragebogen Anschlußdaten eines Wärmeabnehmers" del sistema QM e contiene la maggior parte delle informazioni necessarie ai potenziali consumatori di calore per la progettazione di un sistema di TLR.</p> <p>www.qmholzheizwerke.ch</p>

Tabella 1: Panoramica degli strumenti GIS disponibili gratuitamente che possono essere di aiuto durante l'esecuzione di uno studio di prefattibilità

Atlante termico paneuropeo 4 (Peta4)	<p>La Peta4 è una mappa on line realizzata nell'ambito del progetto Heat Roadmap Europe 4 (HRE4), il cui obiettivo principale è la mappatura delle informazioni rilevanti per il mercato del caldo e del freddo. Essa include, perciò, informazioni sulle domande di riscaldamento e di raffreddamento, nonché sul potenziale delle fonti di calore rinnovabili e di scarto.</p> <p>https://heatroadmap.eu/peta4/</p>
--------------------------------------	---

THERMOS	<p>THERMOS è un software gratuito e open-source che offre alle autorità locali dati a livello di indirizzo per la progettazione ottimale di nuovi sistemi di TLR o estensioni di rete. Il software include dati relativi alla domanda di calore a livello di edificio che possono essere utilizzati per identificare le aree ad alta densità termica. Sulla base delle condizioni ecologiche, economiche e tecniche definite, lo strumento è in grado di calcolare un sistema di TLR ottimale per l'area selezionata.</p> <p>https://www.thermos-project.eu/home/</p>
Hotmaps	<p>L'obiettivo principale del progetto Hotmaps è lo sviluppo di un set di strumenti di mappatura e pianificazione di riscaldamento/raffreddamento open source e di fornire dati di default per l'Unione Europea a livello nazionale e locale. Il set di strumenti Hotmaps è già disponibile e contiene dati a diverse scale di risoluzione, dove 1 ettaro è l'elemento di griglia più fine e il livello nazionale quello più grossolano. Un'opzione utile dello strumento è la possibilità di selezionare aree specifiche e di ottenere un riepilogo dei risultati.</p> <p>https://www.hotmaps.hevs.ch/map</p>
Energieholz Kenndaten- kalkulation	<p>Lo strumento di calcolo consente una rapida conversione tra i prezzi dei combustibili a biomassa comuni legati al volume o al peso. I dati caratteristici essenziali per i diversi assortimenti possono essere determinati rapidamente e gli assortimenti possono essere confrontati tra loro. La valutazione economica si limita alla determinazione dei costi del combustibile. La versione 1.9 è disponibile solo in tedesco mentre la versione 1.8 è stata tradotta in 10 lingue diverse.</p> <p>https://www.klimaaktiv.at/erneuerbare/energieholz/werkzeuge-und-hilfsmittel/kenndatenkalkulation.html</p>
PLANHEAT	<p>Questo strumento di simulazione è stato creato per supportare le autorità locali nella selezione, simulazione e confronto di scenari alternativi a basse emissioni di carbonio ed economicamente sostenibili per il riscaldamento e il raffreddamento.</p> <p>http://planheat.eu/tool-download</p> <p>https://www.publnef-toolbox.eu/tools/planheat-simulation-tool</p>

6. Riferimenti

Accelerating the development of low-carbon heating & cooling networks. Capacity Building and Train-the-trainer programme Module 2: Energy System Mapping and Modelling with THERMOS. (n.d.).

COMMISSION REGULATION (EC) No 105/2007. (2007). Official Journal of the European Union, 1-37. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32007R0105&from=EN>

Eurostat database. (n.d.).

Forest, Intelligent Energy Europe, A guide to specifying biomass heating systems from: https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/sites/iee-projects/files/projects/documents/forest_guide_for_designers_and_architects_en.pdf

Good, J., Biedermann, F., Bühler, R., Bunk, H., Rudolf Gabathuler, H., Hammerschmid, A., ... Rakos, C. (2008). QM-Planungshandbuch. (C. A. R. M. E. . e. V. Straubing, Ed.) (2nd ed.).

Hotmaps project. (n.d.). Retrieved 1 August 2019, from <https://www.hotmaps-project.eu/>



- Heat Network Partnership for Schotland, District Heating Strategy Factsheets, from: <https://districtheatingscotland.com/resources/>
- Hotmaps toolbox. (n.d.). Retrieved 1 August 2019, from <https://www.hotmaps.hevs.ch/map>
- IEE Project EPISCOPE. (n.d.). Retrieved 24 July 2019, from <http://episcope.eu/iee-project/episcope/>
- IEE Project TABULA. (n.d.). Retrieved 24 July 2019, from <http://episcope.eu/iee-project/tabula/>
- Kalogirou, S. (2014). Solar Space Heating and Cooling. In *Solar Energy Engineering* (pp. 323-395). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-397270-5.00006-6>
- Krimmling, J. (2011). *Energieeffiziente Nahwärmesysteme Grundwissen, Auslegung, Technik für Energieberater und Planer*. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag.
- Loga, T., & Diefenach, N. (2013). *TABULA Calculation Method - Energy Use for Heating and Domestic Hot Water* -. Institut Wohnen und Umwelt GmbH.
- Mourshed, M. (2012). Relationship between annual mean temperature and degree-days. *Energy and Buildings*, 54, 418-425.
- INTERREG CE ENTRAIN (2020) Guidelines for the Evaluation of Renewable Heat Potential www.interreg-central.eu/ENTRAIN
- Offermann, M., Manteufel vfel, von, B., Hermelink, A., John, A., Ahrens, C., Jahnke, K., & Zastrau, K. (2017). *Nutzenergiebedarf für Warmwasser in Wohngebäuden*. Bonn. Retrieved from https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BBSROnline/2017/bbsr-online-17-2017-dl.pdf?__blob=publicationFile&t=2
- Pan-European Thermal Atlas 4.3. (n.d.). Retrieved 1 August 2019, from <https://heatroadmap.eu/peta4/>
- Persson, U., Möller, B., & Wiechers, E. (2015). Methodologies and assumptions used in the mapping (D2.3).
- Persson, U., Möller, B., Wiechers, E., & Rothballer, C. (2015). *Maps Manual for Lead-Users* (D2.4).
- TABULA WebTool. (n.d.). Retrieved 1 August 2019, from <http://webtool.building-typology.eu/#sd>
- Winter, W., Haslauer, T., & Obernberger, I. (2001). Untersuchungen der Gleichzeitigkeit in kleinen und mittleren Nahwärmenetzen. *Euroheat & Power*, 1-17.

Team di traduzione inglese-italiano

Riccardo Battisti, Chiara Lazzari, *Ambiente Italia Srl*

Martina Arteni, Samuele Giacometti, Matteo Mazzolini, *APE Friuli-Venezia Giulia*