



Tipo Documento: Relazione tecnica

Codice documento: MFP-GTB-100058-CCGT-11

Rev. n. 0

Pagina 1 di 19

Progetto di modifica della Centrale Termoelettrica di Monfalcone (GO): ID_VIP 5071
Riscontro alle richieste integrazioni - Allegato I
Integrazioni in materia di alternative di progetto

APPLICA

A2A / DGE / BGT / GEN / ING

LISTA DI DISTRIBUZIONE

A2A / DGE / BGT / GEN / ING
AEF / AMD / IMO



LOGO E CODIFICA DEL FORNITORE



EMISSIONE					
0	22/02/2021	Integrazioni per iter autorizzativo	G. Micheloni	C. De Masi	G. Monteforte
REV	DATA	DESCRIZIONE	REDAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE

- Il documento approvato e firmato in originale è depositato presso l'archivio tecnico della S.O.-

Questo documento è proprietà del Gruppo A2A: non può essere utilizzato, trasmesso a terzi o riprodotto senza autorizzazione della stessa. Il Gruppo A2A tutela i propri diritti a norma di legge

INDICE

1	Premessa	3
2	Alternativa tecnologica: CTE con motori a combustione interna a gas	3
2.1	CONFRONTO DELLE PRESTAZIONI E DEI FATTORI DI IMPATTO.....	9
2.1.1	<i>Rendimento elettrico ed emissione di inquinanti in atmosfera.....</i>	<i>9</i>
2.1.2	<i>Ricadute al suolo di inquinanti</i>	<i>9</i>
2.1.3	<i>Impatto acustico.....</i>	<i>10</i>
2.1.4	<i>Impatto termico delle acque di raffreddamento</i>	<i>10</i>
2.1.5	<i>Impatto paesaggistico</i>	<i>10</i>
2.2	CONCLUSIONI.....	10
3	Alternativa di recupero energetico per teleriscaldamento	11
3.1	ANALISI PRELIMINARE DEL FABBISOGNO DI ENERGIA TERMICA PER RISCALDAMENTO.....	11
3.2	VALUTAZIONE DEI BENEFICI ATTESI.....	17
3.2.1	<i>Stima dei benefici in termini di riduzione delle emissioni di CO2</i>	<i>18</i>
3.2.2	<i>Stima dei benefici in termini di riduzione delle emissioni locali di NOx.....</i>	<i>19</i>

1 PREMESSA

All'interno del presente documento sono fornite le valutazioni integrative in materia di Analisi delle alternative richieste nell'ambito della procedura di VIA del "Progetto di modifica della Centrale Termoelettrica di Monfalcone (GO)" ID VIP 5071.

Sono di seguito valutate:

- un'alternativa tecnologica relativa alla produzione di energia elettrica con gruppi generatori a gas, soluzione diffusamente adottata per centrali di tipo peaker: ritenuta peggiorativa rispetto alla situazione di progetto;
- un'alternativa di recupero energetico del calore per teleriscaldamento: tale soluzione presenta potenziali ricadute positive, pertanto il proponente si dichiara fin d'ora disponibile a cedere a condizioni di favore energia termica, a condizioni da concordare con il comune di Monfalcone, o con altre società interessate allo sviluppo della relativa rete di teleriscaldamento.

2 ALTERNATIVA TECNOLOGICA: CTE CON MOTORI A COMBUSTIONE INTERNA A GAS

Si analizza nel presente capitolo l'ipotesi alternativa di realizzazione di una CTE di potenza elettrica analoga a quella in progetto ma basata sulla tecnologia dei motori a combustioni interna gas, idonea per installazioni di tipo peaker.

Sulla base della disponibilità commerciale di motori a gas di grande taglia si ipotizza la messa in opera di moduli costituiti ciascuno da n. 8 motori di potenza elettrica lorda pari a ca. 18,4 MW elettrici ciascuno. Ciascuno modulo di 8 motori presenta una potenza elettrica lorda di circa 147 MW, e netta di ca. 145.2 MW.

Al fine di ottenere una potenza elettrica analoga a quella in progetto (ca. 860 MW elettrici lordi) risulterebbe necessaria l'installazione di n. 6 moduli da 8 motori; per un totale di 48 motori a gas: numero che già da solo evidenzia una notevole complessità impiantistica e gestionale.

I componenti principali di ciascun modulo sono i seguenti:

- N° 8 motori a combustione interna turbocompressi alimentati a gas, con le seguenti caratteristiche:

Configurazione	18 cilindri a V
Alesaggio	500 mm
Corsa	580 mm
N° valvole per cilindro	2 aspirazione + 2 scarico
Velocità di rotazione	500 giri/min
Velocità media del pistone	9,7 m/s
Rendimento meccanico	0,9
Rapporto di compressione	11:1

- n° 8 generatori sincroni brushless raffreddati ad aria;
- sistema di aspirazione aria completo di filtrazione, silenziatori, ecc.;
- sistema di scarico completo di silenziatori, camini e sistemi di abbattimento delle emissioni (catalizzatore CO, sistema SCR).
- Lo skid motore + generatore è rappresentato nella figura seguente.

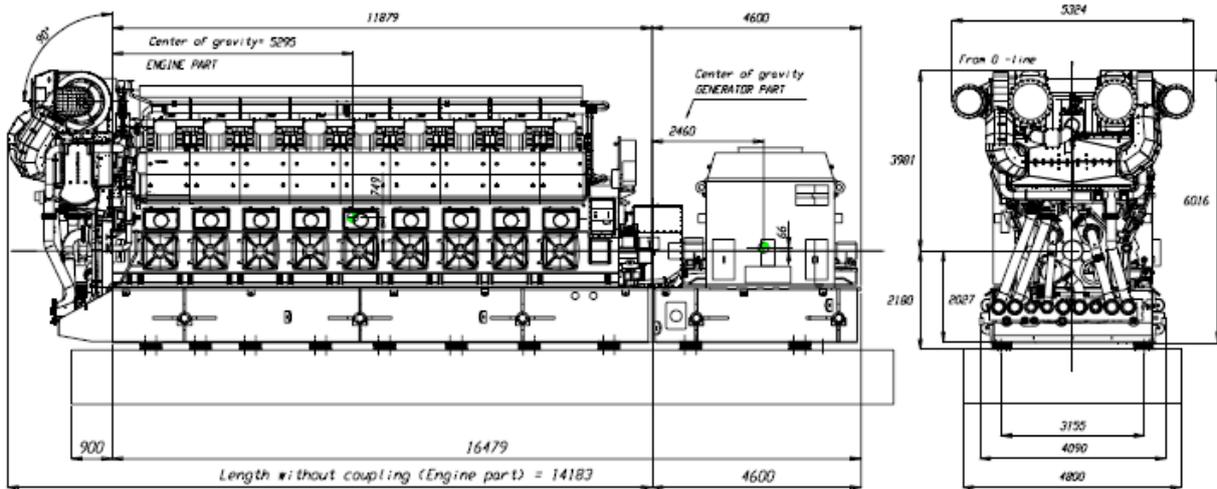


Figura 1: Sezione motore e generatore

Nel suo complesso, l'impianto può essere schematizzato come nella figura seguente in alcuni sottosistemi. I principali sono descritti nel seguito.

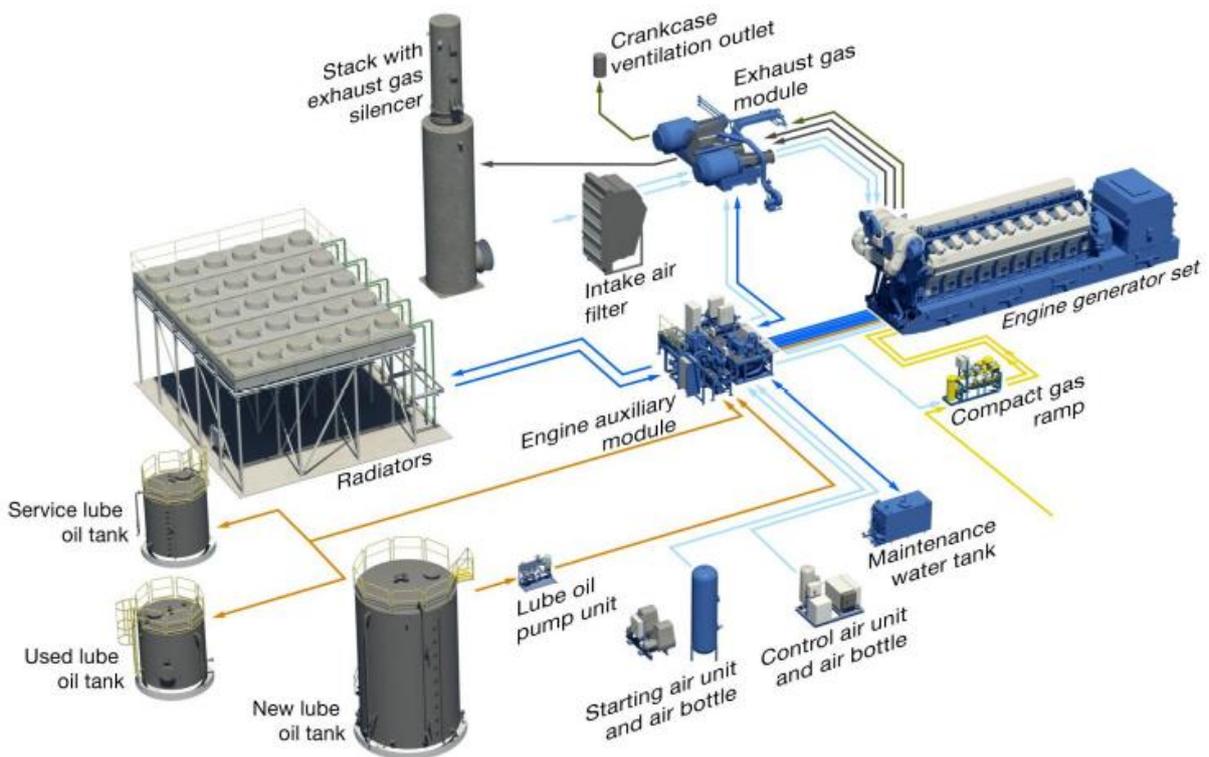


Figura 2: Schema dell'impianto

Ogni Modulo è comprensivo inoltre dei seguenti sottosistemi:

- Sistema di lubrificazione: comprende i serbatoi del nuovo olio e di quello esausto e le pompe per il carico/scarico delle singole coppe dei motori.
- Sistema trattamento gas naturale: il sistema provvede ad alimentare i motori con gas naturale alla corretta pressione, temperatura e grado di filtrazione. Il gas arriva ai motori attraverso una rampa

dedicata denominata Compact Gas Ramp (CGR) comprendente filtrazione, valvole di riduzione pressione, valvola shut-off di emergenza, valvole di sfiato. Il gas è alimentato alla CGR da un collettore comune ai motori in arrivo dal sistema di trattamento comprendente: filtrazione, riscaldamento, riduzione di pressione, misura. La pressione a monte della CGR normalmente è regolata a 5÷8 bar.

- **Sistema di raffreddamento:** il sistema provvede al raffreddamento dei motori mediante la circolazione di acqua demineralizzata in ciclo chiuso raffreddata ad aria con appositi radiatori installati sulla copertura dell'edificio principale. L'acqua demineralizzata è additivata con inibitori di corrosione e glicole per evitare il congelamento del circuito in condizioni invernali.
- **Sistema di avviamento ad aria compressa e sistema aria strumenti:** I motori sono avviati per mezzo di un'iniezione diretta di aria compressa nei cilindri attraverso delle valvole controllate da un albero a camme. La pressione nominale del sistema di avviamento è di 30 barg e solitamente l'accumulo di aria compressa viene dimensionato per tre avviamenti consecutivi.
- **Sistemi di abbattimento degli inquinanti**

Per ottenere livelli emissivi inferiori ai livelli BAT (2017) per motori a gas, con media giornaliera di NO_x in emissione nel range 55÷85 mg/Nm³ (media giornaliera) è necessario installare opportuni sistemi di abbattimento sui fumi di scarico. In particolare, sono previsti:

- Catalizzatore ossidante per l'abbattimento di monossido di carbonio (CO) formaldeide (CH₂O) e composti volatili del carbonio (VOC). Il materiale attivo del catalizzatore è tipicamente un metallo nobile (platino oppure palladio o una combinazione dei due).
- Sistema SCR (Selective Catalytic Reduction) per la riduzione degli ossidi di azoto (NO_x). In questo sistema è necessario un reagente che sulla superficie di un catalizzatore abbatta gli NO_x secondo la reazione $\text{NO}_x + \text{NH}_3 \rightarrow \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$. Come reagente si utilizza di solito urea in soluzione acquosa al 40% in peso. Il reagente viene stoccato in un apposito serbatoio.

Il sistema SCR è schematizzato di seguito. Il catalizzatore ossidante è installato di norma a monte dell'iniezione di urea nei fumi.

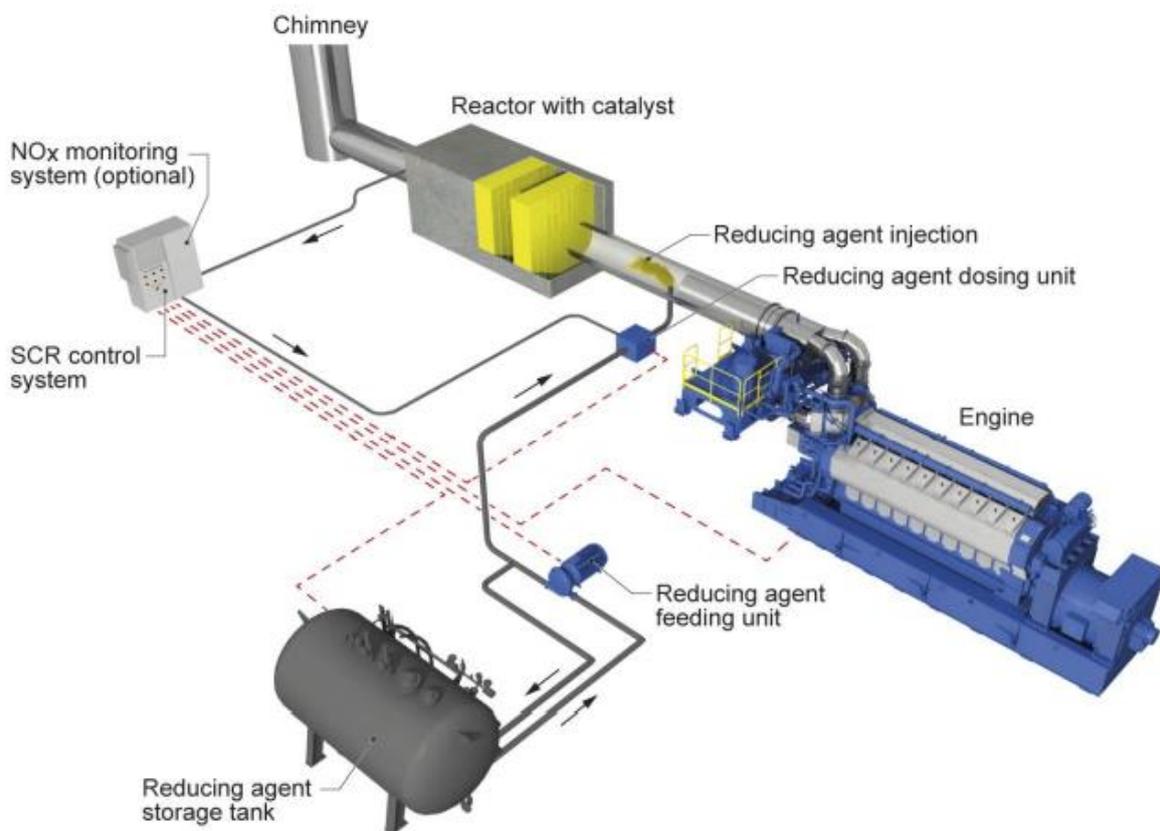


Figura 3: Sistema di abbattimento inquinanti

I camini sono dotati di un Sistema di Monitoraggio delle Emissioni (SME) conforme agli standard ed alle normative attuali in tema di monitoraggio.

Nelle seguenti tabelle sono riassunti i principali parametri che caratterizzano le prestazioni del singolo motore e del modulo da 8 motori, nel funzionamento a pieno carico ed in condizioni ISO.

DATI SINGOLO MOTORE	UdM	VALORE
Potenza elettrica	kW	18.434
Rendimento Lordo	%	49,0
Potenza termica in ingresso	kWt	37.620
Portata Gas	kg/s	0,77
	t/h	2,77
	Sm ³ /h	3.884
Portata Fumi	t/h	111
Temperatura Fumi	°C	357
Altezza camino	m	30

Tabella 1 – Dati prestazionali del singolo Motore

DATI DEL MODULO DA 8 MOTORI	UdM	VALORE
Numero Motori		8
Superficie occupata dall'impianto	m ²	11.000
Potenza elettrica lorda a condizioni di riferimento	MWe	147.472
Potenza elettrica netta a condizioni di riferimento	MWe	145.260
Potenza termica in ingresso	MWt	300.963
Rendimento netto a condizioni di riferimento	%	48,27
Tempi di realizzazione		
Durata del cantiere incluse opere propedeutiche	mesi	ca. 14

Tabella 2 – Dati caratteristici del Modulo costituito da 8 motori

Nella figura seguente è illustrato un esempio di modulo da 8 motori. I motori sono suddivisi in due gruppi di 4 con canne fumarie raggruppate. L'altezza tipica dei camini in questo tipo di configurazione è dell'ordine dei 30 m. La superficie di un modulo come quello descritto è dell'ordine di 10000 m².

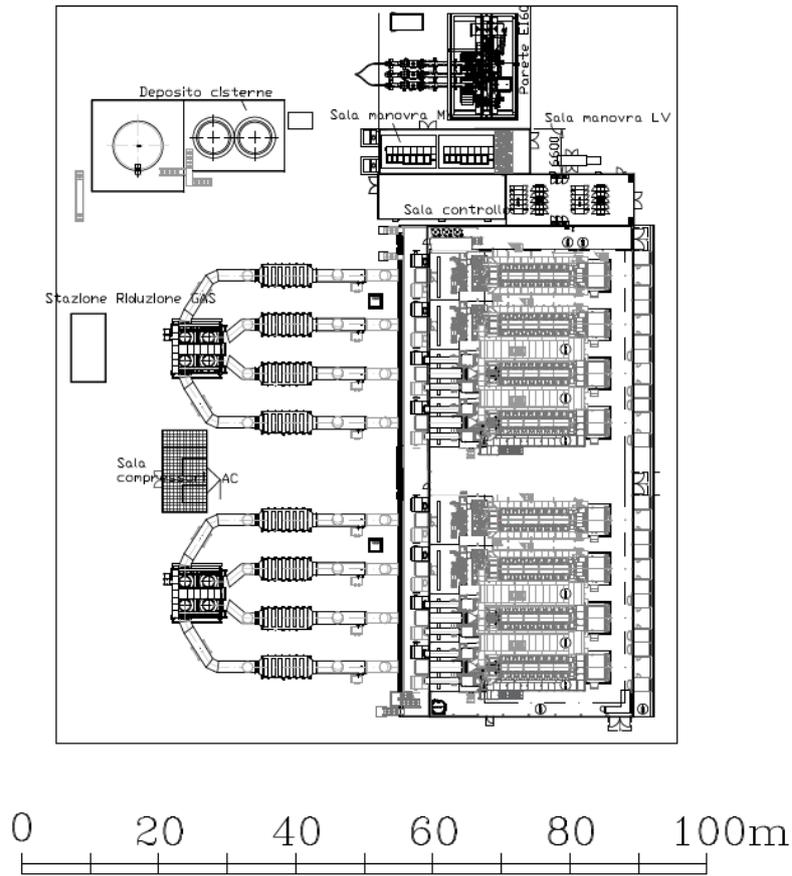


Figura 4: Esempio di Modulo da 8 motori a gas per complessivi 147,5 MWe

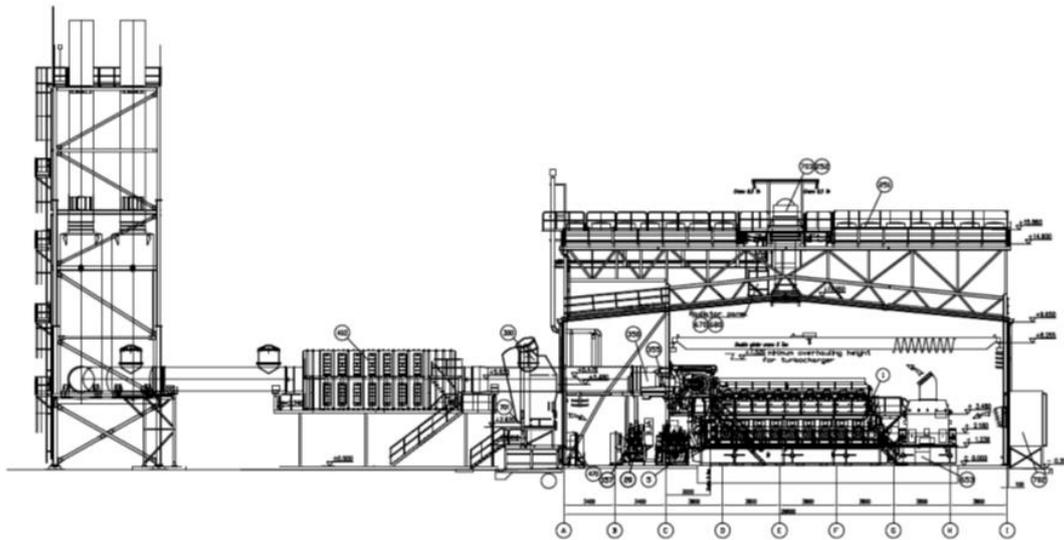


Figura 5: Sezione trasversale di un modulo da 8 motori a gas. Si nota che gli aerotermini di raffreddamento sono posizionati sul tetto della sala macchine. A sinistra una delle due ciminiere che raggruppano quattro canne fumarie.

Nella figura seguente è illustrato il confronto tra le dimensioni planimetriche dell'Isola di potenza della CTE a Ciclo Combinato in progetto e il singolo Modulo sopra descritto. Si nota che le dimensioni planimetriche delle sezioni impiantistiche, al di là degli spazi di manovra e delle sistemazioni a verde, sono abbastanza simili, nonostante le notevoli differenze in termini di potenza erogata. In termini di superficie planimetrica,

la messa in opera di un modulo da n. 8 motori come quello rappresentato, occuperebbe uno spazio pari a circa 10.000 m2.

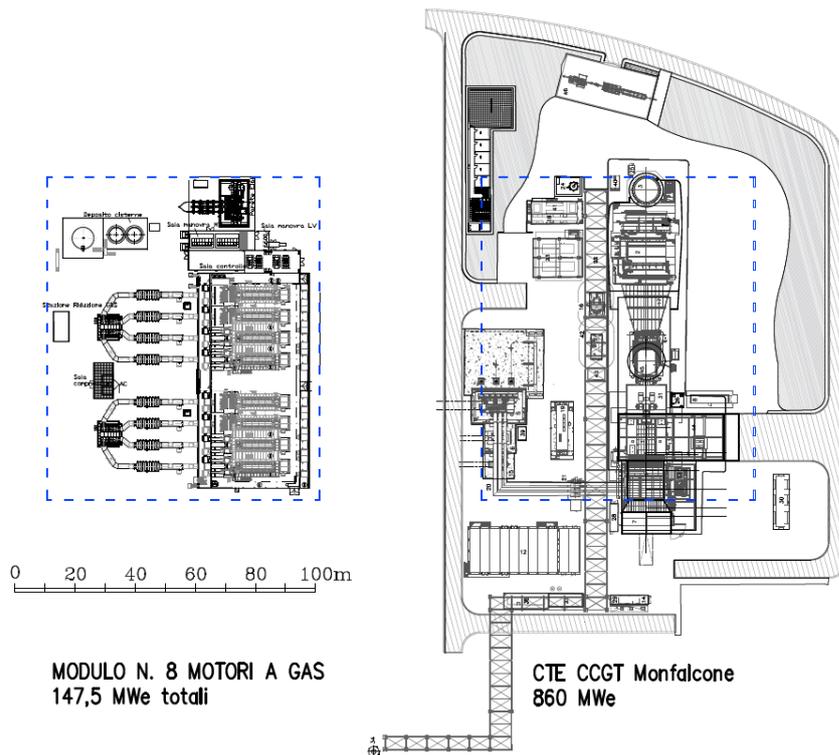


Figura 6: Confronto tra le dimensioni planimetriche del singolo Modulo da 8 motori a gas e dell’Isola di potenza della CTE in progetto.

L’installazione dei 6 moduli da 8 motori occuperebbe un’area dell’ordine dei 70’000 m2 come illustrato in Figura 7 escluse le eventuali sistemazioni a verde e i piazzali di manovra e manutenzione: si tratta di una superficie notevolmente superiore all’ingombro della CTE in progetto, e difficilmente inseribile all’interno dello stabilimento esistente.

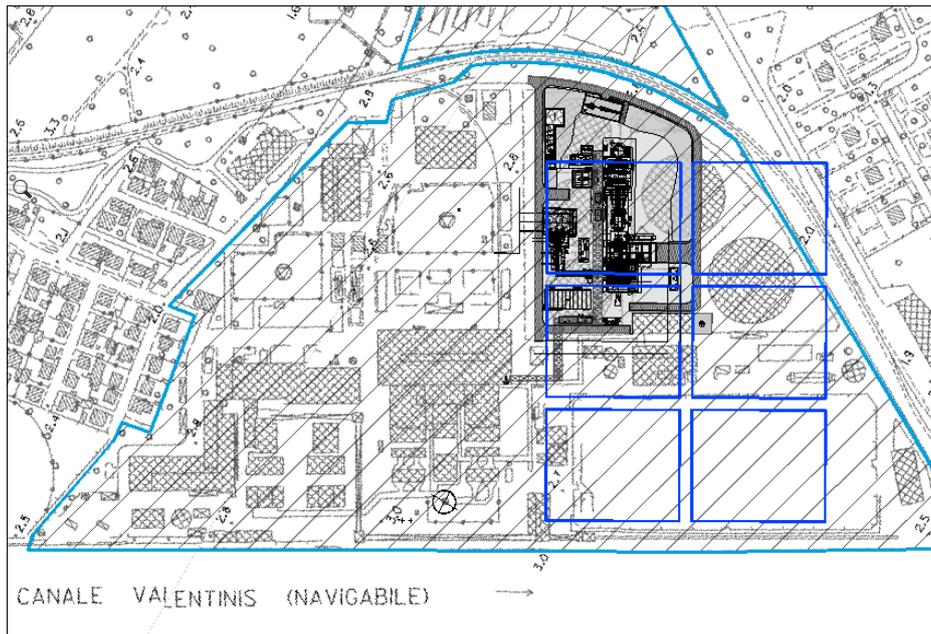


Figura 7: Visualizzazione schematica del potenziale ingombro di n. 6 moduli da 8 motori a gas, per una potenza totale equivalente a quella della CTE in progetto

2.1 Confronto delle prestazioni e dei fattori di impatto

2.1.1 Rendimento elettrico ed emissione di inquinanti in atmosfera

Nella tabella seguente è riportato un confronto in termini di prestazioni energetiche ed emissione di inquinanti, tra l'alternativa descritta basata su gruppi generatori a gas e la CTE in progetto.

Parametro	U.d.m.	Sistema di generazione con Motori a gas		CTE in progetto
		n. 1 motore	n. 48 motori	CCGT
Ore/anno di riferimento	h/anno	8.760	8.760	8.760
Potenza elettrica lorda	MW	18,43	885	859
Potenza elettrica netta	MW	18,16	872	843
Energia elettrica netta	GWh	159	7.635	7.385
Rendimento netto	%	48,3%	48%	62,3%
Input termico	GWh	330	15.819	11.861
Emissioni in atmosfera				
Altezza camino	m	30	30	60
Portata fumi @ O2 rif.	kNm3/h	124,28	5.965	4.091
Concentrazione garantita @ O2 rif.				
• NOx (come NO2)	mg/Nm3	28	28	10
• CO	mg/Nm3	38	38	30
• NH3	mg/Nm3	3	3	3
Emissione massiche				
• NOx (come NO2)	g/s	1,0	46,4	11,4
• CO	g/s	1,3	63,0	34,1
• NH3	g/s	0,1	5,0	3,4
Emissione annuale				
• NOx (come NO2)	t/a	30	1.463	358
• CO	t/a	41	1.960	1.075
• NH3	t/a	3	157	108
• CO2	t/a	65.565	3.147.141	2.359.767
Emissioni specifiche				
• NOx (come NO2)	kg/Mwhe netto	0,19	0,19	0,05
• CO	kg/Mwhe netto	0,26	0,26	0,15
• NH3	kg/Mwhe netto	0,02	0,02	0,01
• CO2	t/Mwhe netto	0,41	0,41	0,32

Tabella 3 – Sintesi di confronto delle prestazioni energetiche e delle emissioni

Dal confronto tabellare proposto il confronto evidenzia che la CTE in progetto presenta, rispetto alla soluzione alternativa:

- un rendimento del 30% superiore
- emissioni di NOx pari al 36% in concentrazione e al 24% in massa;
- emissioni di CO pari all'80% in concentrazione e al 55% in massa;
- emissioni di NH3 uguali in concentrazione e pari al 69% in massa;
- emissioni di CO2 pari al 75%.

In termini di emissioni specifiche per unità di energia netta prodotta la soluzione in progetto presenta emissioni per kWh pari al 25% per NOx, al 57% per CO, al 71% per NH3, al 78% per CO2.

2.1.2 Ricadute al suolo di inquinanti

La soluzione di progetto presenta caratteristiche notevolmente più favorevoli alla dispersione in atmosfera degli inquinanti rispetto alla soluzione basata su motori a gas, data la presenza di camini di maggiore altezza e con emissioni non frazionate su numerosi camini; come già evidenziato inoltre le concentrazioni

all'emissione sono notevolmente inferiori nella soluzione di progetto, in particolare per quanto attiene a NOx.

2.1.3 Impatto acustico

Si ritengono complessivamente analoghe le due soluzioni, in quanto le emissioni acustiche sono in entrambi i casi tecnicamente mitigabili in modo da consentire il rientro nei limiti derivanti dalla zonizzazione acustica e dall'applicazione del criterio differenziale.

2.1.4 Impatto termico delle acque di raffreddamento

La soluzione di progetto, raffreddata ad acqua di mare, produce un impatto termico connesso allo scarico nel canale Lisert delle acque prelevate nel canale Valentinis. Tale impatto termico risulta tuttavia limitato e conforme ai limiti normativi, oltre che analogo a quello già presente in fase di esercizio dei gruppi 1-2, che è risultato privo di conseguenze negative sul Canale artificiale Lisert. Al contrario, come valutato anche dal Comune di Monfalcone nelle sue osservazioni al presente progetto l'effetto di ricambio delle acque nel tratto cieco di testa del Canale Lisert è ritenuto complessivamente positivo per il mantenimento di una buona qualità delle acque del canale, privo di ricambio naturale nella porzione di testa e soggetto agli inevitabili impatti dovuti alla presenza di un porto turistico da oltre 200 posti barca. La soluzione con motori a gas è dotata generalmente di un sistema di raffreddamento con aerotermini, con dissipazione del calore in atmosfera, ma può anche essere raffreddata con acqua di mare; la potenza termica complessivamente dissipata è superiore rispetto alla soluzione di progetto dato il rendimento elettrico notevolmente inferiore.

2.1.5 Impatto paesaggistico

La soluzione di progetto comporta una maggiore visibilità data la maggiore dimensione e sviluppo in altezza dei corpi edilizi e dei camini. A fronte di ciò l'unificazione e semplificazione dei volumi consente una progettazione architettonica e paesaggistica di maggiore qualità. La soluzione alternativa con motori a gas, nella soluzione prospettata presenterebbe un "effetto selva" difficilmente mitigabile, a causa dei numerosi camini raggruppati in 12 ciminiere a 4 canne con altezza dell'ordine dei 30 m. La soluzione con motori a gas, a parità di potenza elettrica, presenta inoltre un fabbisogno di superficie molto superiore a quella della CTE in progetto.

2.2 Conclusioni

Sulla base delle valutazioni sopra sintetizzate la soluzione alternativa di progetto basata su gruppi generatori a gas risulta peggiorativa rispetto alla soluzione in progetto, principalmente a causa dei seguenti aspetti:

- complessa **fattibilità tecnica** dato l'elevato numero di generatori richiesto: la tecnologia descritta è generalmente utilizzabile per impianti costituiti da un numero ridotto di motori;
- **rendimento elettrico** notevolmente inferiore e pertanto maggiore consumo di combustibile e maggiore emissione specifica di CO2 per unità di energia prodotta;
- **emissioni in atmosfera** notevolmente superiori per quanto riguarda in particolare NOx;
- caratteristiche di **dispersione degli inquinanti** in atmosfera notevolmente peggiorative, data l'impossibilità di emettere gli scarichi in atmosfera attraverso un solo camino di adeguata altezza;
- notevole **fabbisogno di superficie**: da 3 a 4 volte quello della soluzione adottata.

In ultimo è il caso di notare che mentre la soluzione con motori a gas, dato il basso rendimento, la modularità, e la flessibilità di esercizio, si presta in modo particolare alla realizzazione di impianti destinati a rispondere alle richieste di picco della rete, l'impianto CCGT in progetto è anche idoneo alla produzione elettrica di base, per la quale risulta di fondamentale importanza un rendimento ai massimi livelli.

3 ALTERNATIVA DI RECUPERO ENERGETICO PER TELERISCALDAMENTO

Sono di seguito valutati i potenziali benefici ambientali del recupero di energia termica dalla CTE in progetto per alimentare una rete di teleriscaldamento a servizio di utenze residenziali e commerciali.

L'analisi ha preso in considerazione:

- il potenziale fabbisogno di riscaldamento sulla base delle caratteristiche urbanistiche e edilizie locali;
- l'analisi dei benefici ambientali locali derivanti dalla sostituzione di generatori di calore e dall'eliminazione delle relative emissioni in atmosfera, valutati con criteri cautelativi;
- l'analisi dei benefici globali in termini di incremento dell'efficienza energetica complessiva del sistema e di riduzione delle emissioni di CO₂.

3.1 Analisi preliminare del fabbisogno di energia termica per riscaldamento

L'analisi è stata condotta a partire dai dati sulla popolazione e sul patrimonio edilizio dei Comuni di Monfalcone, Ronchi dei Legionari e Staranzano derivanti dalla banca dati Istat relativa all'ultimo censimento disponibile (2011).

Nelle immagini seguenti è illustrato l'andamento territoriale dei principali parametri abitativi di interesse nell'intorno della CTE: popolazione, densità abitativa, aggregazione abitativa (numero edifici residenziali con più di 8 unità), sulla base dei dati disponibili per sezione di censimento.

Comuni di Monfalcone, Staranzano e Ronchi dei Legionari - Popolazione totale per sezione di censimento ISTAT 2011

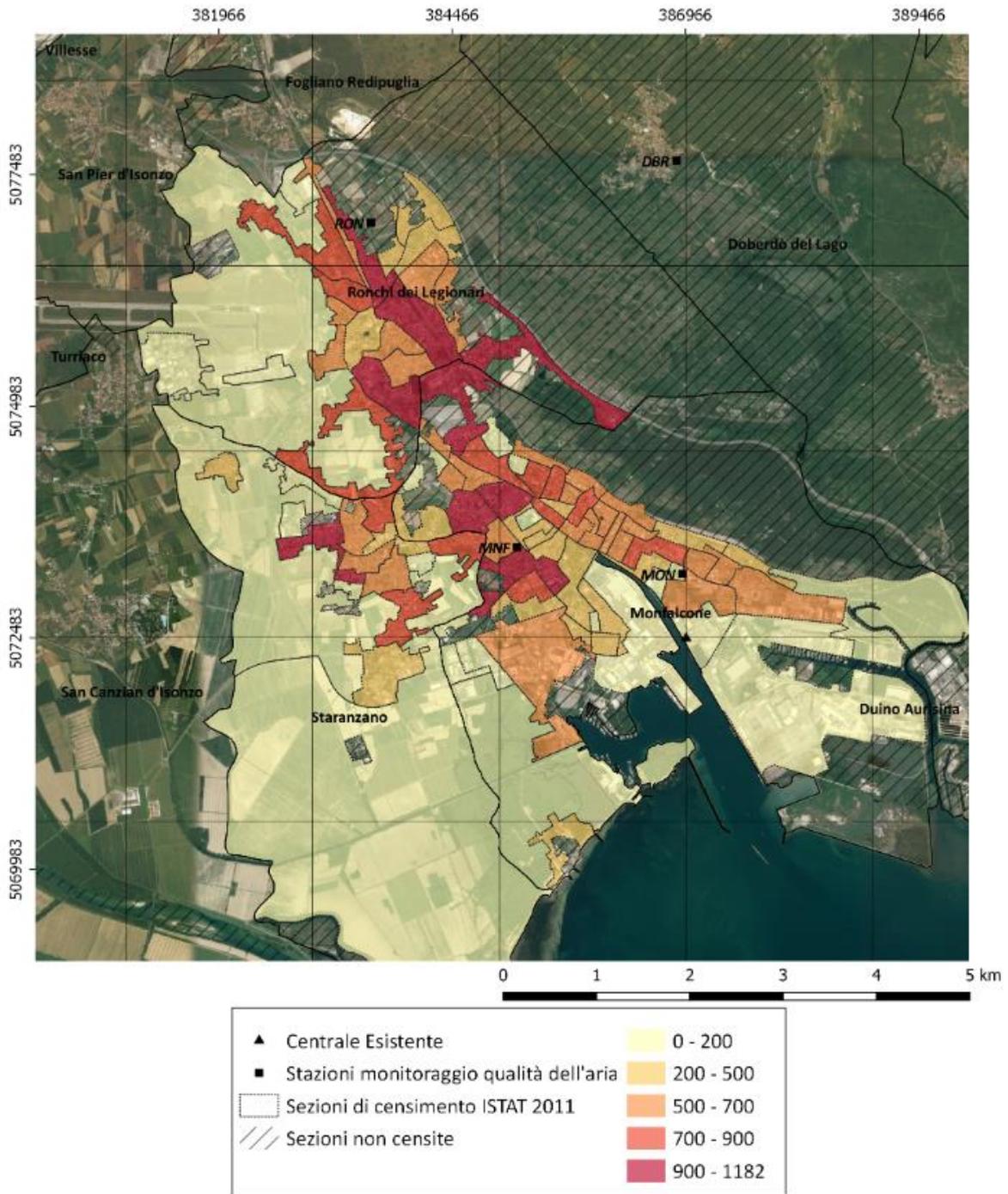


Figura 8: Popolazione totale per sezione di censimento

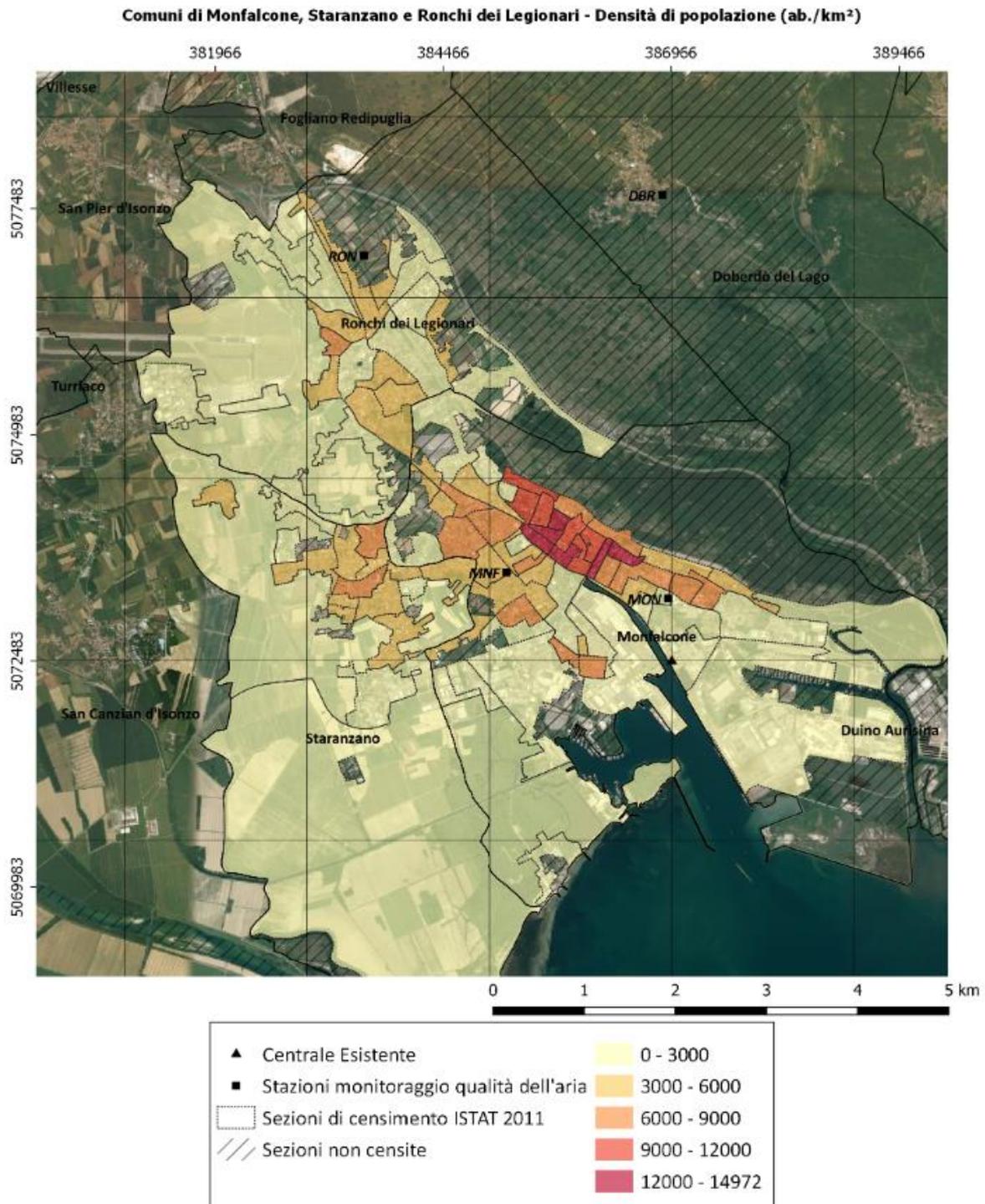


Figura 9: Densità abitativa per sezione di censimento (abitanti per km²)

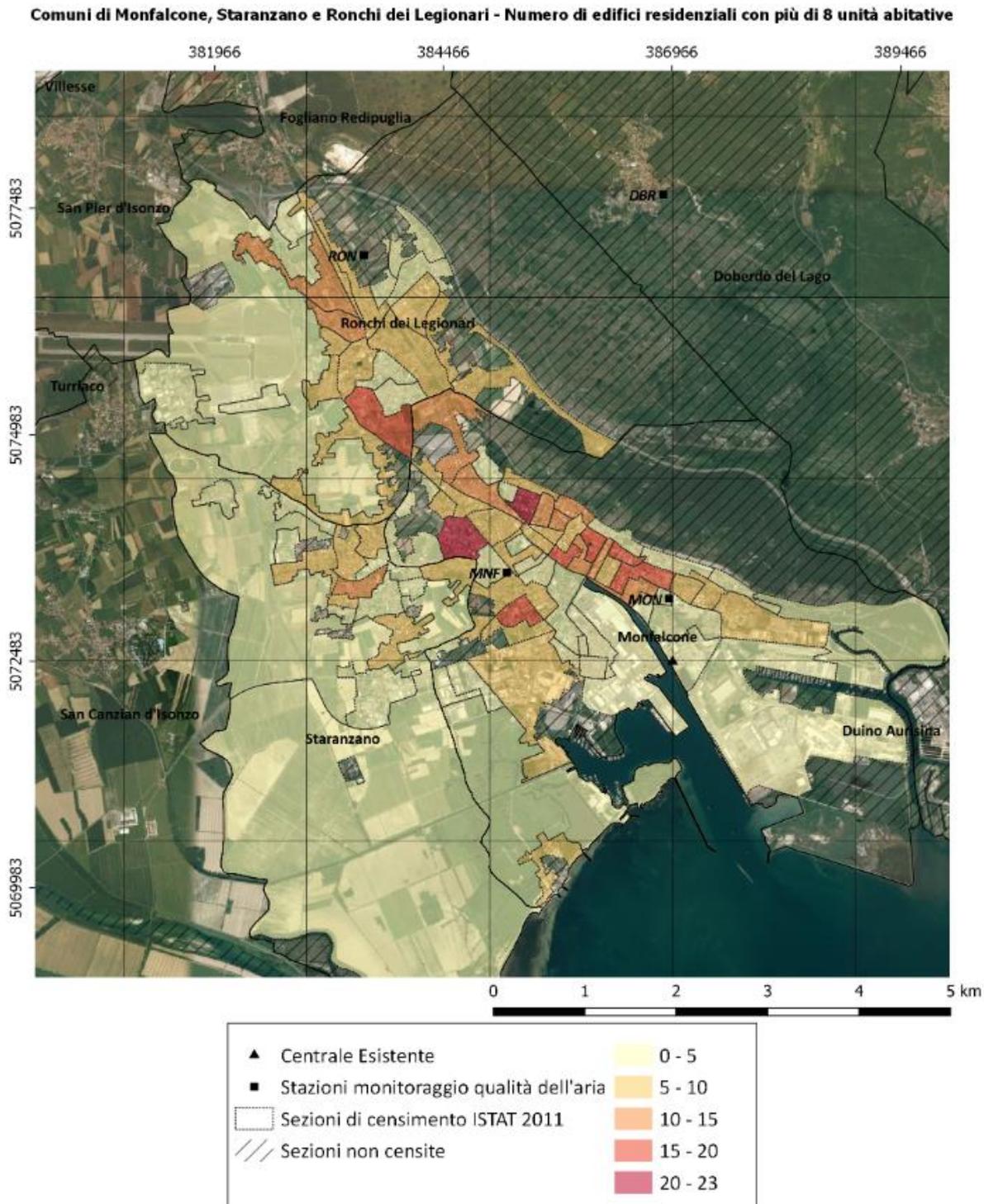


Figura 10: Aggregazione abitativa per sezione di censimento (numero di edifici > 8 unità abitative)

A partire da tali dati il territorio potenzialmente teleriscaldabile è stato suddiviso in zone comprendenti le aree abitative a maggiore densità nei comuni di Monfalcone, Ronchi dei Legionari e Staranzano come illustrato nella figura seguente.



Figura 11: suddivisione in Zone

Le diverse zone sono state analizzate nel loro complesso, a partire dai dati Istat 2011, al fine di sintetizzarne i principali parametri urbanistici e abitativi di interesse.

ZONA	km2	Abitanti	Mq abitativi	Famiglie	Ed. residenz.	Ab/km2	Ed. > 8 u.a.	Mq/fam	Fam/ed.	Ed/kmq	Ed. ante '80	Ed. ante '80 %
A	1,80	8.777	351.769	4.172	1.213	4.878	157	84	3,44	674,16	1.043	86%
C	1,13	4.633	199.232	2.157	887	4.113	51	92	2,43	787,42	689	78%
D	1,26	7.187	280.958	3.298	847	5.721	127	85	3,89	674,23	698	82%
E	0,99	3.902	156.071	1.807	611	3.951	51	86	2,96	618,62	450	74%
TOT	5,17	24.499	988.030	11.434	3.558	4.739	386	86	3,21	688,25	2.880	81%
B	2,29	2.692	109.973	1.288	518	1.176	21	85	2,49	226,27	459	89%
F	1,52	5.700	235.801	2.458	913	3.743	54	96	2,69	599,54	597	65%
G	4,99	872	39.036	393	244	175	6	99	1,61	48,92	163	67%
H	0,94	3.029	136.241	1.432	555	3.238	33	95	2,58	593,23	426	77%
I	2,46	8.022	352.039	3.652	1.607	3.258	89	96	2,27	652,64	1.223	76%
TOT	12,2	20.315	873.090	9.223	3.837	1.666	203	95	2,40	314,58	2.868	75%

Tabella 4 – Sintesi dei principali parametri di analisi urbanistica

Si nota in generale: nelle zone A-C-D-E, interne al comune di Monfalcone e più prossime alla CTE, è presente la maggiore densità abitativa, la maggiore aggregazione abitativa (famiglie per edificio e frequenza di edifici con più di 8 unità abitative), la maggiore presenza di edifici energivori (antecedenti al 1980). Su tale base e sulla base dell'organizzazione viaria è stata predisposta la bozza di sviluppo dell'ossatura principale della rete di distribuzione del calore di seguito rappresentata.

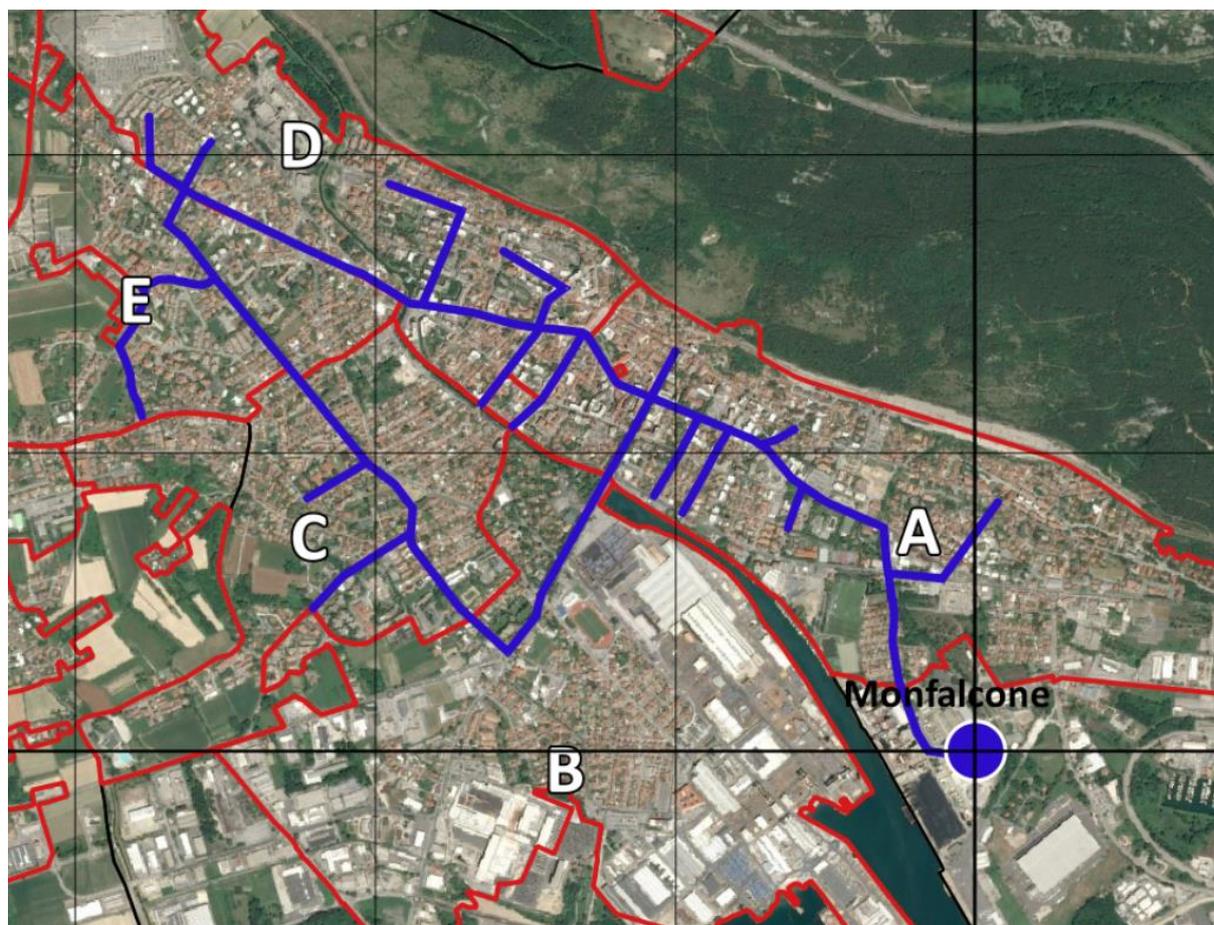


Figura 12: ipotesi di sviluppo delle dorsali principali di distribuzione del calore

Sulla base di considerazioni di tipo statistico sulla tipologia degli immobili potenzialmente teleriscaldabili descritte nella tabella seguente

Parametro	U. d. m.	B
Unità abitative residenziali allacciabili	n.	4.070
Superficie per unità	m ²	86
Superficie totale	m ²	351.271
Gradi giorno		2.313
Delta T max	°C	25,0
Fabbisogno en. specifico	kWh/m ² *anno	100
Fabbisogno en. per unità	kWh/anno	8.631
Fabbisogno di potenza per unità res.	W	6.219
Fabbisogno energetico annuale res.	MWh/anno	35.127
Fabbisogno di potenza residenziale	MW	25
Fabbisogno di potenza (terziario): stima	MW	10
Potenza termica totale erogata	MW	35
H equivalenti	h/anno	1.400
Rendimento complessivo del sistema di distribuzione del calore	%	ca. 90%
Potenza massima ¹ ceduta alla rete Tlrs	MW	39

Tabella 5 – Parametri di dimensionamento della rete

¹ A2A è comunque disponibile a fornire anche ulteriore potenza termica eventualmente necessaria per alimentare ulteriori utenze industriali

l'articolazione del sistema di riscaldamento comprenderà, indicativamente i componenti indicati nel seguito, basati sull'ipotesi di realizzazione degli impianti ausiliari destinati al sistema di teleriscaldamento all'interno del perimetro della centrale A2A. Poiché questi servizi sono però di norma assegnati tramite procedure di assegnazione pubblica, A2A potrebbe meglio configurarsi come fornitore dell'energia termica: in tal caso l'interfaccia con il sistema di teleriscaldamento sarebbe costituito dagli scambiatori di calore di centrale; gli altri sistemi (pompaggio, caldaie ausiliarie ecc.) troverebbero spazio nella stazione di teleriscaldamento identificata dal Comune.

Sistema TLR di Centrale

- Sistema di cogenerazione di energia termica con spillamento regolato dal sistema Turbina a vapore
- Batteria di scambiatori di Centrale
- Caldaia a gas di backup
- Centrale di pompaggio
- Sottostazioni di scambio termico presso le utenze.

Rete TLR

- Serbatoi di accumulo
- Tubazioni coibentate di distribuzione del calore alle utenze; le tubazioni sono posate interrate all'interno delle sedi viarie.

Sistema TLR di utenza

Nel sistema di TLR la tradizionale caldaia è sostituita da un semplice scambiatore termico che permette di trasferire il calore prelevato dalla rete di TLR all'impianto di distribuzione interna all'edificio, con la possibilità di produrre acqua calda per uso igienico sanitario.

Una centralina di controllo con sonde climatiche consente la regolazione della cessione di calore all'utenza, consentendo in qualsiasi momento la regolazione della temperatura interna degli ambienti come negli impianti tradizionali.

Il consumo di calore viene calcolato e memorizzato da un gruppo di misura che provvede a rilevare la portata e le temperature di ingresso e uscita dell'acqua del TLR.

3.2 Valutazione dei benefici attesi

La realizzazione di una rete di teleriscaldamento urbano comporta numerosi benefici per l'utenza quali:

- Riduzione dei costi di esercizio e manutenzione rispetto agli impianti termici tradizionali;
- Eliminazione dei costi di acquisto e installazione di nuove caldaie;
- Eliminazione delle verifiche periodiche annuali di legge sulle caldaie;
- Sicurezza, assenza di vincoli antincendio;
- Rilevazione dei consumi in tempo reale con contatore di calore locale;
- Flessibilità del servizio senza i limiti orari degli impianti di riscaldamento tradizionali;
- Miglioramento della classificazione energetica degli edifici

Per quanto riguarda i benefici ambientali questi sono principalmente legati ai seguenti aspetti:

- Miglioramento della qualità dell'aria attraverso la riduzione delle emissioni di sostanze inquinanti e gas ad effetto serra derivanti da molte piccole caldaie sparse sul territorio.
- Maggior controllo delle emissioni: unico punto di produzione e di emissione in atmosfera con utilizzo delle migliori tecnologie per il loro contenimento; monitoraggio in continuo delle emissioni.
- Riduzione sensibile delle emissioni di agenti inquinanti in aree urbane e cittadine per effetto della maggiore efficienza e della più moderna tecnologia degli impianti cogenerativi rispetto alle caldaie tradizionali; lo spostamento dei centri di produzione dalle aree cittadine verso aree esterne alla città amplifica tale effetto.

- Riduzione del fabbisogno energetico complessivo, poiché le produzioni cogenerative ad alta efficienza sostituiscono forme di produzione separata di calore ed energia elettrica.

3.2.1 Stima dei benefici in termini di riduzione delle emissioni di CO2

Il calcolo dei benefici in termini di riduzione delle emissioni complessive di CO2 è di seguito effettuato considerando i seguenti fattori:

- Riduzione delle emissioni di CO2 a causa dell'eliminazione delle centrali termiche locali sostituite.
- Incremento delle emissioni specifiche di CO2 della CTE a causa della lieve riduzione di rendimento elettrico derivante dallo spillamento di vapore dalla turbina e dal consumo di energia elettrica per il pompaggio dell'acqua calda nel circuito di teleriscaldamento.

Riduzione dell'immissione di CO2 dalle centrali termiche sostituite

Si stima cautelativamente che tutte le centrali termiche sostituite siano alimentate con gas naturale.

Data una potenza termica sostituita di 35 MW per 1400 h/anno equivalenti risulta:

- Energia termica fornita alle utenze: $35 \times 1400 = 49.000$ MWh/anno
- Rendimento medio del parco di generazione termica sostituito: 90%
- Energia termica sostituita: $49000 / 90\% = 54.444$ MWh/ anno.
- Emissione di CO2 per unità di energia termica sostituita (gas naturale) = $55,95 \text{ t CO}_2/\text{TJ} = 0,2014 \text{ tCO}_2/\text{MWH}$ (da Tabella dei parametri standard nazionali per il monitoraggio e la comunicazione dei gas ad effetto serra)
- Emissione di CO2 evitata dalle centrali termiche sostituite= $54444 \times 0,2014 =$ **12186 tCO2/anno**

Incremento dell'emissione specifica di CO2 dalla CTE in progetto

Al carico termico massimo richiesto di 39 MW, pari alla potenza fornita di 35 MW diviso per il rendimento termico complessivo del sistema di teleriscaldamento stimato pari al 90%, il rendimento elettrico netto della CTE in progetto, in assetto cogenerativo, si riduce dal 62,3% a 61.7 % . La potenza elettrica massima in condizioni cogenerative si riduce pertanto da 843 a 834,7 MWe, con una riduzione di 8,3 MWe.

A tale riduzione di energia elettrica netta prodotta si somma il fabbisogno di potenza elettrica del sistema di pompaggio della rete TLR, stimato in 0,5 MWe. Risulta una riduzione complessiva della potenza elettrica immessa in rete pari a 8,8 MWe.

Considerando l'esercizio del sistema di cogenerazione del calore per teleriscaldamento per 1400h/anno equivalenti la riduzione di produzione elettrica risulta pari a 12320 MWhe.

Si ipotizza pertanto che tale quota di energia elettrica sia prodotta con il fattore di emissione di CO2 medio del sistema elettrico italiano ($0,290 \text{ t CO}_2$ per MWh elettrico immesso in rete ²): risulta un'emissione di $12320 \times 0,29 =$ **3573 tCO2/anno**.

Riduzione complessiva di CO2

Il beneficio netto derivante dalla cogenerazione di calore per teleriscaldamento risulta in definitiva pari a: $12186 - 3573 = 8613$ **t CO2/anno**.

² Fattori di emissione atmosferica di gas a effetto serra nel settore elettrico nazionale e nei principali paesi Europei - ISPRA 2020

3.2.2 Stima dei benefici in termini di riduzione delle emissioni locali di NOx

Nell'ipotesi cautelativa che le caldaie sostituite siano interamente alimentate a gas naturale, considerando un fattore di emissione di NOx per caldaie a gas di piccola taglia pari a $32,3 \text{ kgNOx/TJ} = 0,116 \text{ kg NOx per MWh}$ risulta:

Emissione di NOx evitata dalle centrali termiche sostituite= $54444 \text{ MWh} * 0,116 = \mathbf{6330 \text{ kgNOx/anno}}$.

Eventuali maggiori benefici possono derivare dalla sostituzione di caldaie alimentate con combustibili più inquinanti, come gasolio e soprattutto legna.