

SINTESI DEL LAVORO

Buongiorno sono Florissi Mauro Ermes e mi sono laureato il 25 ottobre 2021 presso l'università degli studi di Udine in ingegneria meccanica con una votazione di 108/110.

Ora vi spiegherò brevemente che cosa tratta la mia tesi e perché ha un'impronta ecologica. Più precisamente andrò a parlare di alcune tipologie di generatori di calore che usano fonti rinnovabili, utilizzati in sostituzione alle caldaie tradizionali a metano, per produrre acqua calda sanitaria e riscaldamento domestico.

Nel 2018 gli edifici residenziali, commerciali e pubblici hanno prodotto il 17,7% di emissioni di CO₂ in Italia. Questo significa che il riscaldamento delle abitazioni e dell'acqua sanitaria genera circa un quinto del totale dell'anidride carbonica prodotta: è una percentuale alta! Tante combustioni delocalizzate rendono difficile il controllo delle emissioni in atmosfera infatti negli ultimi decenni, a causa dell'industrializzazione intensa, la concentrazione di CO₂ nell'atmosfera sta crescendo esponenzialmente. Per questa ragione ci sono nuove proposte che introducono nuovi strumenti per passare da fonti fossili a fonti di energia rinnovabili come ad esempio la pompa di calore e la biomassa legnosa. A partire dal protocollo di Kyoto, che si occupa della riduzione delle emissioni dei gas serra provenienti da attività umane, fino ad arrivare a proposte introdotte da enti locali come Legambiente, c'è la necessità di andare verso una decarbonizzazione del riscaldamento degli ambienti. Le soluzioni che andrò ad esaminare e di cui valuterò le emissioni inquinanti sono la caldaia a pellet e la pompa di calore.

Un'alternativa alle caldaie tradizionali a metano sono le caldaie a combustibile solido tra cui quella a pellet. Il pellet è un prodotto artificiale, ottenuto dalla compressione di segatura e scaglie di legno, in seguito ad un processo industriale attraverso il quale si ottengono dei piccoli tronchetti cilindrici di dimensioni variabili. Questa particolare forma facilita la movimentazione del pellet consentendone una migliore gestione per il caricamento automatico nelle caldaie. La resa calorica è influenzata dall'umidità contenuta nel combustibile, infatti il pellet ha una resa calorica quasi doppia rispetto alla legna che ha un maggior contenuto di umidità. Vediamo i vantaggi. Come abbiamo appena visto il pellet ha un potere calorifico elevato, maggiore di quello del legno. Le caldaie a pellet hanno un rendimento molto elevato, fino al 90%. Inoltre il pellet è più economico dei tradizionali combustibili, il costo in euro del pellet per chilowatt termico prodotto è inferiore a quello del metano e del gasolio (a parità di calore prodotto). Passando dai combustibili fossili al pellet i costi di gestione possono diminuire fino al 50%. Altro elemento positivo delle caldaie a pellet è la loro praticità e semplicità di utilizzo. La caldaia possiede un serbatoio che può essere caricato a intervalli tra loro molto lunghi e questo garantisce un'autonomia elevata. Per di più i nuovi modelli di caldaie sono dotati di telecomandi regolabili alla rete internet e quindi comandabili direttamente dallo smartphone.

Se consideriamo ora gli svantaggi dobbiamo partire da un presupposto, dobbiamo tenere in considerazione che la quantità di CO₂ che emette la combustione del pellet è pari a quella assorbita durante la fase di crescita mediante la fotosintesi clorofilliana e quindi non provoca aumento dell'anidride carbonica nell'atmosfera, infatti il pellet è definito combustibile rinnovabile; però la

CO₂ non è l'unica sostanza inquinante, infatti è stato condotto uno studio dal sistema nazionale per la protezione dell'ambiente ed è emerso, come possiamo vedere dalla tabella 1:

Tabella 1. Fattori di emissione misurati nello studio Innovhub-SSI

Combustibile	CO g/GJ	NOx g/GJ	SOx g/GJ	COV g/GJ	PM g/GJ	IPA benzo(a)Pirene µg/MJ
Gas Naturale	56.6	32.3	0.3 ^a	<0.15	<0.04	<0.08
GPL	47.8	22.6	2.2 ^b	<0.15	<0.04	<0.08
Gasolio	3.7 ^c	34 ^c	19.3 ^c	1.1 ^c	0.1 ^c	0.08 ^a
Legna	5862 ^d	122 ^d	10.7 ^d	536 ^d	254 ^d	68.7 ^d
Pellet A1 stufa 4 stelle	175.6	135.9	6.87 ^a	6.7	23.9	0.22
Pellet A1 stufa 3 stelle	141.4	118.2	6.87 ^a	40.5	44.1	0.18
Pellet A2 stufa 4 stelle	236.1	166.3	12.8 ^a	8.2	83.8	0.1
Pellet A2 stufa 3 stelle	625.7	233.2	12.8 ^a	223.8	82.9	0.94

La combustione del pellet ha elevatissime emissioni inquinanti: le emissioni di PM del pellet sono di tre ordini di grandezza maggiori di quelle dei combustibili gassosi, nel caso degli ossidi di azoto le differenze sono meno evidenti, i valori del pellet sono circa 4 volte quelli rilevati per il gas naturale, inoltre nel caso degli ossidi di zolfo i valori rilevati dal pellet sono dalle 3 alle 40 volte maggiori di quelli dei combustibili gassosi. Queste emissioni nocive sono dannose perché lo zolfo contenuto nei combustibili brucia formando anidride solforosa SO₂, anche se nel caso dei carboni e di alcuni oli, parte dello zolfo può rimanere nelle ceneri. L'anidride solforosa subisce un processo di ossidazione ad anidride solforica. L'anidride solforosa SO₂ è molto irritante per la gola, gli occhi e le vie respiratorie e, pur non presentando una propria tossicologia, può portare al rischio di contrarre malattie croniche nei soggetti più esposti e vulnerabili. Inoltre l'ossigeno e l'azoto contenuti nell'aria non reagiscono tra loro a temperatura ambiente, ma possono combinarsi durante la combustione ad alta temperatura generando ossidi di azoto (NOx). Ossidi di azoto si generano anche dove funzionano generatori di calore a gas naturale quindi praticamente in tutte le case. Si può notare che anche la qualità del pellet e le caratteristiche tecniche delle apparecchiature influenzano notevolmente le emissioni nocive: più la qualità del pellet è scarsa maggiori saranno le relative emissioni inquinanti. Un altro aspetto negativo è che il camino deve essere realizzato in acciaio in doppia camera perché il pellet produce più fumo e con un calore superiore rispetto alle caldaie tradizionali a metano. La disponibilità del pellet sul mercato rappresenta un ulteriore difetto perché mentre per il gas o gasolio non ci sono problemi di approvvigionamento, nel caso del pellet in alcuni momenti dell'anno è più difficile trovarlo. A mio parere perciò, e con dati recenti alla mano, possiamo considerare l'utilizzo del pellet molto più inquinante del metano, anche se considerato fonte rinnovabile.

Consideriamo ora la pompa di calore, soluzione rinnovabile e di cui ho trattato la maggior parte della tesi. Le pompe di calore basano il proprio funzionamento su un ciclo termodinamico inverso in cui lo scopo è quello di, in seguito alla fornitura di lavoro, ottenere un certo effetto termico: in

questo caso scaldare a seconda dell'esigenza dell'utilizzatore. Il ciclo inverso sfrutta il passaggio di fase di un fluido refrigerante per assorbire calore a bassa temperatura dall'evaporatore e scaricarlo ad alta temperatura dal condensatore. Le 4 trasformazioni del ciclo inverso standard che si vedono nel diagramma temperatura-entropia di destra sono: la trasformazione 1-2 è una compressione adiabatica, da 2 a 3 c'è una cessione di calore isobara, da 3 a 4 un'espansione adiabatica irreversibile e infine da 4 a 1 c'è un assorbimento di calore isobaro. L'efficienza di una pompa di calore è misurata dal coefficiente di prestazione "COP" dato dal rapporto tra effetto energetico utile ed energia elettrica consumata dal compressore, più il COP è alto più la macchina è efficiente. Uno dei requisiti più importanti dei fluidi frigoriferi è il loro effetto sull'ambiente: devono essere assolutamente innocui per la salute ambientale e umana. I fluidi frigoriferi alogenati hanno sostituito i fluidi naturali data la netta superiorità delle loro caratteristiche operative e l'apparente assenza di inquinamento. In seguito però si è scoperto che questi fluidi sintetici riducevano la fascia dell'ozono, infatti i fluidi CFC hanno un'azione diretta sull'ozono e un impatto ambientale elevato: per questa ragione in seguito all'entrata in vigore del protocollo di Montreal sono stati aboliti tutti i fluidi che contenevano cloro, colpevole della trasformazione di ozono in ossigeno biatomico. Anche per i fluidi HFC è previsto un graduale abbandono entro il 2035.

Le pompe di calore sono considerate un'alternativa rinnovabile perché il calore assorbito all'evaporatore può provenire gratuitamente, senza dispendio di lavoro, da ambienti diversi e prendono il nome di sorgente fredda: ad esempio dall'aria se parliamo di energia aerotermica, dall'acqua se parliamo di energia idrotermica e infine dal suolo se parliamo di energia geotermica che è quella che assicura un coefficiente di effetto utile costante perché le variazioni di temperatura del suolo durante l'anno sono contenute. Invece il calore espulso dal condensatore può essere immesso nell'aria o in un mezzo intermedio, per esempio l'acqua; questo prende il nome di pozzo caldo. Esistono diverse combinazioni aria-aria, aria-acqua, acqua-acqua, terra-acqua.

Vediamo i vantaggi e gli svantaggi di questa alternativa rinnovabile: L'Unione Europea ha stabilito che l'energia catturata dalle pompe di calore è energia rinnovabile, proprio perché sfruttano il calore posseduto dall'aria, dall'acqua e dal suolo gratuitamente. Però è anche vero che le pompe di calore elettriche utilizzano una forma di energia prodotta, quasi sempre, a partire da combustibili fossili, che sono inquinanti, quindi possiamo considerare la pompa di calore una tecnologia ecosostenibile solo qualora l'energia elettrica viene prodotta con fonti rinnovabili ad esempio utilizzando dei pannelli fotovoltaici, si ottiene un edificio totalmente autonomo dal punto di vista energetico. Le pompe di calore offrono il vantaggio di poter essere utilizzate come climatizzatori durante la stagione calda trasferendo il calore dall'edificio verso l'esterno. Se poi confrontiamo le prestazioni di una pompa di calore con lo stesso metodo con cui si misurano le caldaie tradizionali, ossia facendo il rapporto fra effetto utile e spesa, possiamo raggiungere efficienze intorno al 300%. Inoltre se i COP sono abbastanza elevati si riesce a garantire un risparmio economico sui costi di gestione. I principali limiti della pompa di calore sono le sorgenti di calore: se le temperature esterne sono molto basse la resa diminuisce e così pure la convenienza economica, infatti le pompe di calore sono particolarmente indicate per le zone poco rigide come per esempio l'Italia. Un ulteriore svantaggio è la limitazione della temperatura alla quale è possibile scaldare l'aria o l'acqua. Ulteriori svantaggi sono la rumorosità prodotta dalle macchine posizionate all'esterno e il necessario incremento di potenza del contatore per soddisfare la richiesta elettrica del compressore della pompa di calore.

Infine l'ultima parte considera i consumi di energia e la suddivisione dei consumi di riscaldamento per fonte. Si evince che in Italia la fonte energetica più utilizzata per il riscaldamento residenziale è il gas naturale, circa il 50%, tipicamente utilizzato nelle caldaie tradizionali e a condensazione. Vengono poi utilizzate le biomasse solide che costituiscono circa il 28% del totale, i prodotti petroliferi (gasolio) circa l'8%. Mentre le soluzioni come le pompe di calore rivestono ancora un ruolo marginale. Enti nazionali come Legambiente e Kyoto club stanno facendo nuove proposte e stanno introducendo nuovi strumenti per passare da fonti fossili, quali petrolio, gas e gasolio a fonti di energia rinnovabile quali pompe di calore e solare termico. Possiamo già osservare un notevole aumento delle installazioni delle pompe di calore nel 2019 grazie a strumenti di supporto nel settore residenziale: le detrazioni fiscali concessi dall'Ecobonus con la possibilità di usufruire dell'aliquota maggiorata del 110%.

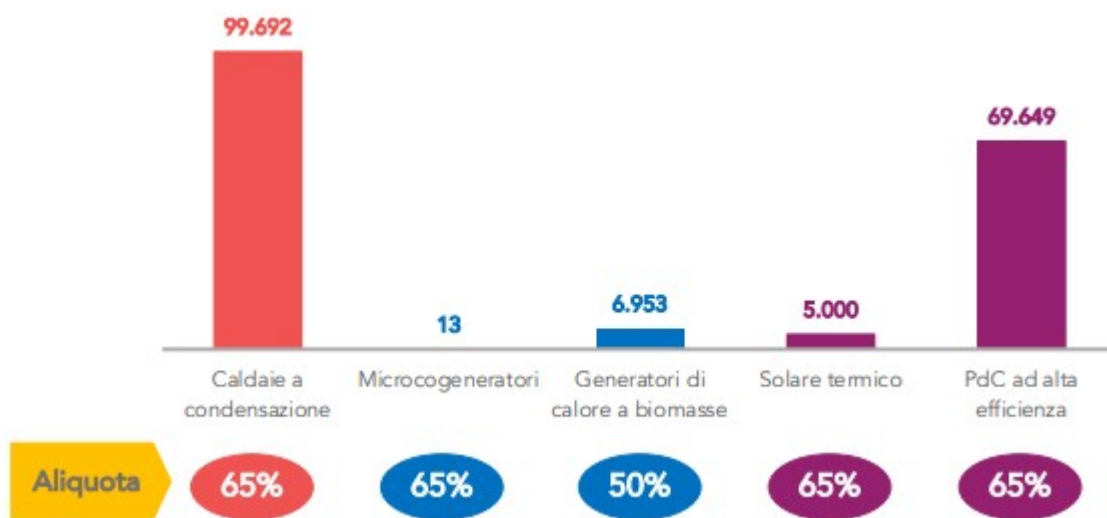


Figura 3.24- Principali interventi sugli impianti di riscaldamento (Ecobonus – 2019)

Analizzando i risultati del meccanismo dell'Ecobonus introdotto dal decreto-legge "Rilancio" del 19 maggio 2020, che punta a rendere più efficienti e più sicure le proprie abitazioni in merito alla sostituzione degli impianti di riscaldamento, emerge che l'installazione di caldaie a condensazione ha il maggior numero di interventi (quasi 100 mila), seguita dalle Pompe di Calore (69 mila, comprese quelle geotermiche). Questo è dovuto al fatto che l'installazione di caldaie a condensazione beneficia della stessa aliquota ottenibile installando impianti a zero emissioni. Quindi ad oggi alcune tecnologie a fonte fossile (metano) usufruiscono di meccanismi di supporto che ne incentivano la diffusione a discapito di impianti a fonti rinnovabili. Possiamo supporre che se invece i sistemi che utilizzano fonti rinnovabili avessero delle aliquote maggiori delle caldaie a condensazione sicuramente sarebbero ancora più utilizzate. È proprio per questo che Legambiente e Kyoto Club propongono di eliminare o modificare i sussidi attualmente erogati a favore dei sistemi che utilizzano fonti di energia rinnovabile quali le pompe di calore.

Si può concludere dicendo che la caldaia a pellet anche se presenta innumerevoli vantaggi, ha emissioni inquinanti maggiori a qualsiasi altro combustibile e questo non la rende una soluzione rispettosa dell'ambiente. Invece una valida alternativa in sostituzione alle caldaie tradizionali è la

pompa di calore. Quest'ultima è una soluzione in grado di unire risparmio energetico, efficienza e rispetto dell'ambiente.