

Valutazione degli impatti del ciclo di vita del GPL per utilizzi stazionari, a confronto con altre tipologie di fonti/vettori energetici

Premessa

Le sfide connesse alle tematiche ambientali impongono sempre più la necessità di ricorrere a una metodologia che valuti, in un'ottica di ciclo di vita, gli impatti dei diversi prodotti, servizi o organizzazioni. Al fine di poter disporre di un'analisi tecnica comparativa tra i diversi combustibili e vettori energetici utilizzati nel settore del riscaldamento domestico e negli impieghi di natura industriale, Federchimica Assogasliquidi ha commissionato al Politecnico di Milano (gruppo di ricerca AWARE – Assessment on WASTE and REsources) uno specifico studio.

Lo studio è stato condotto attraverso la metodologia del ciclo di vita (Life Cycle Assessment - LCA), che rappresenta uno dei migliori strumenti di supporto per l'attuazione di interventi e politiche volte a garantire uno sviluppo sostenibile dal punto di vista ambientale. L'analisi ha valutato i potenziali impatti ambientali associati alla filiera nazionale del GPL per uso stazionario. Le prestazioni di tale combustibile sono state confrontate con le più comuni alternative energetiche nel settore domestico ed industriale, considerando 16 categorie di impatto sull'ambiente, sulla salute umana e sul consumo di risorse, nello specifico:

- 8 categorie di impatto sull'ambiente, ossia Cambiamento Climatico (CC), Assottigliamento dello strato di Ozono (AO), Formazione di Ozono fotochimico (FO), Acidificazione (A), Eutrofizzazione in acqua Dolce (ED), Eutrofizzazione Marina (EM), Eutrofizzazione Terrestre (ET), ed ECotossicità delle acque dolci (EC);
- 4 categorie di impatto sulla salute umana, ossia Radiazioni Ionizzanti con effetto sulla salute umana (RI), Assunzione di materiale Particolato (AP), Tossicità Umana con effetti non cancerogeni (TU_{NC}) e Tossicità Umana con effetti cancerogeni (TU_C);
- 4 categorie di impatto sul consumo di risorse, ossia Consumo di Suolo (CS), Consumo di Acqua (CA), Consumo di Risorse - vettori Energetici non rinnovabili (CR_E) e Consumo di Risorse - Minerali e Metalli (CR_M).

Per quanto riguarda il settore domestico, l'utilizzo di GPL in caldaie è stato confrontato con alcuni scenari energetici alternativi, nello specifico il consumo di pellet A1 in stufe ad aria, l'uso di gasolio in caldaie di vecchia installazione e il ricorso a pompe di calore elettriche (idronica in clima rigido e aria-aria in clima temperato).

L'analisi sul settore industriale ha riguardato, invece, la produzione di calore nel settore small business (80% del mercato) e grandi industrie (20% del mercato) ed ha previsto un confronto tra l'uso di GPL e gasolio in caldaie di potenza superiore a 100 kW.

Per entrambi i settori, domestico ed industriale, il confronto è avvenuto considerando come unità funzionale la produzione di 1 GJ di calore utile in uscita dall'apparecchio di generazione, includendo tutte le fasi del ciclo di vita delle filiere energetiche (produzione del combustibile/energia elettrica, importazione, distribuzione, stoccaggio presso l'utente e successiva combustione).

Settore domestico

Nel confronto con il GPL (Tabella 2), la filiera del pellet risulta peggiorativa in 12 delle 16 categorie di impatto considerate, con un incremento d'impatto compreso tra il +39% (categoria tossicità umana cancerogena) ed il +8769% (+1094% nella categoria

assunzione di materiale particolato e +8769% nella categoria consumo di suolo). Le migliori prestazioni ambientali del GPL in tali categorie di impatto sono associate ai minori carichi ambientali in fase di produzione (9 categorie di impatto), in fase di importazione e distribuzione del combustibile (tutte le categorie di impatto) e nella fase di combustione finale (11 categorie di impatto). Più specificatamente, i benefici ambientali del GPL durante la fase di combustione sono riconducibili ai seguenti aspetti (Tabella 1):

- minori emissioni dirette in atmosfera di ossidi di azoto (-82%), con un evidente beneficio nelle categorie di formazione fotochimica di ozono, acidificazione, eutrofizzazione marina e terrestre;
- un'emissione diretta di particolato $PM_{2,5}$ inferiore di tre ordini di grandezza (-99,9%), che garantisce un vantaggio ambientale nella categoria assunzione di materiale particolato;
- assenza di ceneri nella filiera del GPL, il cui smaltimento finale determina carichi ambientali non trascurabili per la filiera del pellet nelle categorie di tossicità umana.

È inoltre emerso dalla raccolta dei dati di inventario relativa ai fattori emissivi caratterizzanti la fase di combustione (Tabella 1), che le emissioni di benzo(a)pirene degli apparecchi alimentati a pellet sono tre ordini di grandezza superiori rispetto a quelle connesse all'impiego di GPL (+19.650%).

Nel confronto tra la filiera del GPL e quella del gasolio (Tabella 2), quest'ultima risulta peggiore in 9 delle 16 categorie di impatto, con incrementi fino al 156% (categoria di impatto radiazioni ionizzanti). La ragione è principalmente riconducibile al maggiore impatto ambientale del gasolio in fase produttiva, unitamente ai minori carichi ambientali che la filiera GPL presenta durante la fase di combustione (Tabella 1):

- minori emissioni di ossidi di azoto (-42%) con benefici evidenti per le categorie di impatto formazione di ozono fotochimico, eutrofizzazione terrestre e marina;
- minori emissioni di ossidi di zolfo (-95%) con specifico riferimento alle categorie di impatto assunzione di materiale particolato e acidificazione;
- assenza di emissioni di piombo e cadmio, con vantaggi significativi nella categoria di tossicità umana non cancerogena.

Si rileva inoltre dai dati raccolti sui fattori di emissione in fase di combustione (Tabella 1), che le emissioni di particolato fine ($PM_{2,5}$) associate agli apparecchi alimentati a gasolio sono superiori rispetto a quelle generate dalla combustione in caldaia alimentata a GPL (+627%).

Per quanto riguarda le pompe di calore elettriche è evidente che gli impatti ambientali del loro ciclo di vita, ed il conseguente confronto con la filiera GPL, siano strettamente dipendenti dal mix elettrico di alimentazione. Quando l'elettricità è prelevata dalla rete elettrica, l'uso del GPL è migliore in 10 su 16 categorie per la pompa idronica e in 9 su 16 categorie per l'impianto aria-aria. Tra le categorie di impatto più significative, dal confronto con la filiera del GPL emerge:

- per la categoria assunzione di particolato (incidenza di malattia AP), un incremento del 32% per le pompe di calore idroniche e del 17% per quelle aria-aria;
- per la categoria tossicità umana non cancerogena (TU_{NC}), un incremento del 47% per le pompe di calore idroniche e del 61% per quelle aria-aria;
- per la categoria tossicità umana cancerogena (TU_C), un incremento del 15% per le pompe di calore idroniche e del 6% per quelle aria-aria;
- per la categoria consumo di risorsa idrica (CA), un incremento del 906% per le pompe di calore idroniche e del 772% per quelle aria-aria

Occorre evidenziare come l'atteso incremento della quota di energie rinnovabili nel mix energetico italiano è destinato tuttavia a mutare i rapporti di questo confronto (Tabella 2).

Settore industriale

L'analisi ha riguardato il confronto tra le filiere GPL e gasolio considerando i diversi profili di utenza (80% settore small business e 20% grandi industrie). In maniera del tutto simile al confronto per il settore domestico, emerge che il GPL fornisce prestazioni ambientali migliori in 10 delle 16 categorie di impatto analizzate, con la filiera del gasolio caratterizzata da incrementi di impatto compresi tra l'11% (categoria di impatto ecotossicità delle acque dolci) e il 149% (categoria di impatto radiazioni ionizzanti).

Conclusioni

Oltre a effettuare i confronti con i sistemi concorrenti, lo studio LCA ha permesso di identificare potenziali di miglioramento ambientale per la filiera GPL in modo da garantire una gestione futura più sostenibile nell'intero ciclo di vita del combustibile commercializzato.

In dettaglio, nello studio vengono raccomandati i seguenti interventi:

- valutare in un'ottica di ciclo di vita le prestazioni ambientali di processi produttivi del GPL di origine biogenica o di miscele di GPL e combustibili rinnovabili e, in caso di risultati migliorativi rispetto alla filiera fossile attuale, promuovere la loro effettiva introduzione sul mercato nazionale;
- promuovere l'uso di fonti energetiche alternative (es. fotovoltaico e cogenerazione) nel processo produttivo del GPL a livello di raffinazione del petrolio nel contesto nazionale;
- promuovere il rinnovamento della flotta di autocisterne per il trasporto stradale del GPL. A tale proposito si sottolinea che, al momento, le società coinvolte nello studio prevedono un parco mezzi in prevalenza di classe Euro 5, che garantisce un carico ambientale in fase distributiva abbastanza contenuto nonostante la percorrenza media di un viaggio di consegna di sola andata si aggiri intorno ai 300 km (ambito domestico) - 350 km (ambito industriale). Sempre in relazione alla fase distributiva si raccomanda, se possibile, di promuovere il trasporto del combustibile su rotaia;

- allungare quanto più possibile la vita del serbatoio di stoccaggio in acciaio al carbonio installato presso l'utente, la cui produzione è caratterizzata da impatti non trascurabili nelle categorie di impatto tossicità umana e consumo di risorse, metalli e minerali;
- incentivare presso gli utenti la sostituzione di vecchie caldaie domestiche e industriali con moderni apparecchi a condensazione caratterizzati da rendimenti più elevati e quindi da un'effettiva riduzione delle emissioni in atmosfera a parità di calore utile prodotto.

Tabella 1. Dati di inventario della fase di combustione di GPL, gasolio e pellet in ambito domestico ed industriale nel contesto italiano. Il fattore di emissione dei combustibili alternativi nei due diversi ambiti è riportato in termini assoluti per il GPL, mentre per gli scenari alternativi, accanto al valore assoluto, è riportata la variazione percentuale rispetto al valore per il GPL: $(emissione\ filiera\ alternativa - emissione\ GPL) / emissione\ GPL * 100$.

Infrastruttura per la combustione	AMBITO DOMESTICO					AMBITO INDUSTRIALE		
	GPL domestico	Pellet		Gasolio domestico		GPL industriale	Gasolio industriale	
Tipologia e potenza	Caldaia da 25 kW	Stufe ad aria da 10.5 KW		Caldaia da 25 kW		Caldaia da 380 kW	Caldaia da 380 kW	
Quantità richiesta per UF	$4,2 \times 10^{-4}$ unità	$1,4 \times 10^{-3}$ unità		$4,4 \times 10^{-4}$ unità		$8,4 \times 10^{-6}$ unità	$8,5 \times 10^{-6}$ unità	
Operatività	1480 ore/anno Vita utile: 20 anni	1384 ore/anno Vita utile: 15 anni		1480 ore/anno Vita utile: 20 anni		5000 ore/anno Vita utile: 20 anni	5000 ore/anno Vita utile: 20 anni	
Energia elettrica ausiliaria per UF	3,1 kWh	5,2 kWh		3,3 kWh		1,3 kWh	1,3 kWh	
Emissioni in atmosfera per UF	GPL domestico	Pellet A1 - stufe 3-4 stelle¹		Gasolio domestico		GPL industriale	Gasolio industriale	
NOx	25,1 g	141,2 g	+463%	43,3 g	+73%	34,5 g	71,6 g	+108%
CO ₂	72,1 kg	111,2 kg	+54% biogenica	82,6 kg	+15%	75,9 kg	85,4 kg	+13%
CO	53,1 g	186,4 g	+251%	5,7 g	-89%	11,5 g	1,3 g	-89%
SO _x	2,4 g	2,4 g	0%	53,3 g	+2.121%	0,25 g	91,6 g	+36.540%
CH ₄	1,1 g	10,2 g	+827% biogenica	8,2 g	+645%	1,2 g	0,1 g	-92%
N ₂ O	2,2 g	4,5 g	+105%	2,3 g	+5%	2,3 g	2,3 g	0%
Particolato (PM _{2,5})	0,022 g	32,9 g	+149.445%	0,16 g	+627%	0,23 g	0,74 g	+222%
Benzo(a)pirene	0,04 mg	7,9 mg	+19.650%	Non disponibile		0,01 mg	Non disponibile	
Arsenico	-	0,85 mg		1,2 mg		-	0,89 mg	
Cadmio	-	0,62 mg		1,2 mg		-	0,16 mg	
Cromo	-	6,8 mg		1,2 mg		-	5,51 mg	

Emissioni in atmosfera per UF	GPL domestico	Pellet		Gasolio domestico		GPL industriale	Gasolio industriale	
Rame	-	5,1 mg		1,2 mg		-	5,54 mg	
Piombo		22,6 mg		5,9 mg			2,92 mg	
Nichel	-	0,23 mg		1,2 mg		-	33,2 mg	
Zinco	-	124,3 mg		2,4 mg		-	4,03 mg	
Mercurio	-	0,63 mg		-		-	0,89 mg	
COVNM	0,083 g	10,2 g	+12.189%	-		2,3 g	-	
Black carbon	2,2 mg	5.100 mg	+231.718%	14,1 mg	+541%	5,75 mg	81,0 mg	+1309%
Residui solidi per UF	GPL domestico	Pellet		Gasolio domestico		GPL industriale	Gasolio industriale	
Ceneri (recupero su suolo agricolo)	-	429,5 g (0,7% su base secca) ²		-		-	-	

¹ Per gli inquinanti presi come riferimento nella classificazione dei generatori in accordo con il D.M. n.186 (7 novembre 2017), rappresentati da NO_x, particolato e CO, è stata considerata la combustione del pellet A1 in stufe da 3-4 stelle

² Contenuto percentuale massimo di ceneri nel pellet di tipologia A1 permesso dalla norma UNI EN ISO 17225-2:2014.

Tabella 2. Potenziali impatti ambientali espressi per unità funzionale associati alla filiera GPL ad uso domestico e variazione percentuale di impatto nelle filiere associate alle fonti energetiche alternative (pellet, gasolio e pompe di calore elettriche). Tale variazione percentuale è calcolata come: $\Delta\% = [\text{IMPATTO}_{\text{FILIERA ALTERNATIVA}} - \text{IMPATTO}_{\text{GPL}}] / \text{IMPATTO}_{\text{GPL}}$. LEGENDA: celle verdi - filiera energetica alternativa migliore rispetto alla filiera GPL; celle rosse - filiera energetica alternativa peggiore rispetto alla filiera GPL; celle nere: scenari confrontabili (variazione di impatto contenuta entro il 10%).

Categoria di impatto ¹	GPL (impatto per UF)	Variazione percentuale di impatto (%)					
		Pellet	Gasolio	Pompa di calore idronica (clima rigido)		Pompa di calore aria-aria (clima mite)	
				Prelievo da rete	Fotovoltaico	Prelievo da rete	Fotovoltaico
CC (kg CO ₂ eq.)	93,83	-76%	+9%	-58%	-86%	-67%	-91%
AO (kg CFC-11 eq.)	1,17×10 ⁻⁵	-75%	+124%	-47%	-88%	-54%	-89%
RI (kBq U-235 eq.)	3,30	-2%	+156%	+56%	-86%	+35%	-82%
FO (kg COVNM eq.)	0,11	+150%	+48%	-39%	-76%	-45%	-77%
AP (incidenza di malattia)	1,13×10 ⁻⁶	+1094%	+45%	+32%	-60%	+17%	-62%
TU _{NC} (CTUh)	1,87×10 ⁻⁶	+578%	+9%	+47%	+54%	+61%	+67%
TU _C (CTUh)	3,55×10 ⁻⁷	+39%	-20%	+15%	-34%	+6%	-36%
A (mol H ⁺ eq.)	0,18	+86%	+109%	+51%	-67%	+36%	-64%
ED (kg P eq.)	3,23×10 ⁻³	+140%	-13%	+186%	+146%	+205%	+171%
EM (kg N eq.)	2,92×10 ⁻²	+257%	+46%	-13%	-70%	-22%	-70%
ET (mol N eq.)	0,34	+298%	+45%	+123%	-74%	+94%	-73%
EC (CTUe)	19,14	+96%	+12%	-38%	-55%	-39%	-53%
CS (Pt)	88,10	+8769%	+3%	+233%	-63%	+189%	-53%
CA (m ³ acqua)	2,00	+143%	-4%	+906%	+185%	+772%	+160%
CR _E (MJ)	1122,99	-72%	+29%	-54%	-93%	-59%	-92%
CR _M (kg Sb eq.)	2,71×10 ⁻⁵	+156%	-1%	+292%	+910%	+389%	+915%

¹ CC=cambiamento climatico; AO=assottigliamento dello strato di ozono; RI=radiazioni ionizzanti; FO=formazione di ozono fotochimico; AP=assunzione di materiale particolato; TU=tossicità umana; A=acidificazione; ED=eutrofizzazione in acqua dolce; EM=eutrofizzazione marina; ET=eutrofizzazione terrestre; EC=ecotossicità acquatica; CS=consumo di suolo; CA=consumo di risorsa idrica; CR_E=consumo di risorse energetiche, non rinnovabili; CR_M=consumo di risorse, minerali & metalli (la legenda è valida anche per la Tabella 6 e per le Figure 3, 4 e 5).