# Studio sulle Riduzioni Relative di $CO_2$ Confrontando Etanolo e ETBE Quali Componenti della Benzina

*Translated from English*

*Submitted by:*

Hart Energy Consulting

**Hart Energy Consulting**
**1616 S. Voss, Suite 1000**
**Houston, Texas 77057, USA**

**Terrence Higgins**
**Executive Director, Refining & Special Studies**
**Hart Energy Consulting**
**+1.703.891.4815**
*thiggins@hartenergy.com*



HART
www.hartenergy.com

# Indice

I. Sommario ..... 4
A. Antefatto e obiettivi ..... 4
B. Compendio dei risultati ..... 4
Produzione e formulazione di benzina ..... 4
II. Approccio allo studio, ipotesi e caso base ..... 6
A. Quadro generale ..... 6
B. Ipotesi ..... 7
C. Caso base ..... 8
III. Caso etanolo e ETBE, offerta, domanda e risultati del modello ..... 13
IV. Impatti $CO_2$ ..... 24
Impatti di $CO_2$ dalla produzione di componenti commerciabili e da variazioni di sottoprodotti ..... 26

© **Copyright by Hart Energia Consulting**

# Grafici

Grafico I.1: Riduzione delle emissioni di CO2 relativamente al caso base 2010..... 5
Grafico IV.1: Emissioni $CO_2$ rispetto al caso base con etanolo e i casi con ETBE..... 29

© **Copyright by Hart Energia Consulting**

# Tabelle

Tabella II.1: Domanda di prodotti raffinati in Europa occidentale: 2006-2010 ..... 9
Tabella II.2: Input/Output di raffinazione in Europa occidentale: 2010..... 9
Tabella II.3: Input di raffinazione in Europa occidentale: 2010 ..... 10
Tabella II.4: Acquisti, produzione e miscelazione di MTBE: caso base ..... 10
Tabella II.5: Output di raffinazione in Europa occidentale: 2010 ..... 11
Tabella II.6: Gradi di benzina: caso base..... 11
Tabella II.7: Composizione della miscela di benzina: caso base..... 12
*(Percentuale volume)* ..... 12
Tabella II.8: Capacità e utilizzo di raffineria: caso base..... 12
Tabella III.1: Acquisti, produzione e miscelazione componenti per benzina: casi con etanolo ... 13
Tabella III.2: Input di raffineria: casi con etanolo ..... 14
Tabella III.3: Output di raffineria: casi con etanolo ..... 14
Tabella III.4: Contenuto di energia della benzina: casi con etanolo..... 15
Tabella III.5: Qualità benzina: casi con etanolo ..... 16
Tabella III.6: Composizione miscela benzina: casi con etanolo..... 17
*(Percentuale volume)* ..... 17
Tabella III.7: Utilizzo capacità di raffineria: casi con etanolo..... 18
Tabella III.8: Acquisti, produzione e miscelazione componenti per benzina: casi con ETBE..... 19
Tabella III.9: Input di raffineria: casi con ETBE ..... 20
Tabella III.10: Output di raffineria: casi con ETBE ..... 20
Tabella III.11: Contenuto di energia della benzina: casi con ETBE..... 21
Tabella III.12: Qualità di benzina: casi con ETBE ..... 21
Tabella III.13: Composizione miscela benzina: casi con ETBE..... 22
*(Percentuale volume)* ..... 22
Tabella III.14: Utilizzo capacità di raffineria: casi con ETBE ..... 23
Tabella IV.1: Emissioni di CO2 derivanti da benzina, combustibile di raffineria e produzione di idrogeno: casi con etanolo ..... 25
Tabella IV.2: Emissioni di CO2 dalla benzina, combustibile di raffineria e produzione di idrogeno: casi con ETBE ..... 26
Tabella IV.3: Emissioni $CO_2$ legate al combustibile per impianti commerciale e sottoprodotti: casi con etanolo..... 27
Tabella IV.4: Emissioni $CO_2$ legate al combustibile per impianti commerciale e sottoprodotti: casi con ETBE..... 27
Tabella IV.5: Riassunto delle emissioni di $CO_2$: casi con etanolo ..... 28
Tabella IV.6: Riassunto delle emissioni di $CO_2$: casi con ETBE ..... 28
Tabella A.1: Densità relativa componenti ed energia da combustione..... 31

© **Copyright by Hart Energia Consulting**

# I. Sommario

## A. Antefatto e obiettivi

L'introduzione dell'etanolo nel mercato della benzina influirà sul Processoo di trasformazione e miscelazione della stessa presso le raffinerie, con relativi cambiamenti per quanto concerne severità operative, consumo di carburante, mix di prodotto e contenuto in carbonio. Analogamente i metodi per introdurre etanolo nella benzina, mediante miscelazione diretta o tramite trasformazione in ETBE, avranno un impatto sul Processoo di raffinazione e miscelazione e conseguentemente sulle emissioni $CO_2$.

Sono stati condotti numerosi studi per affrontare la questione della potenziale riduzione di $CO_2$ attraverso l'uso di biocombustibili. Nella maggioranza dei casi, questi studi si sono focalizzati sulle emissioni di $CO_2$ derivanti dalla produzione e utilizzo sul mercato dei biocombustibili. Il problema della miscelazione diretta dell'etanolo o l'impiego dell'ETBE dal punto di vista del loro impatto sull'emissione di $CO_2$ nei Processoi di raffineria non sembra essere mai stato studiato prima. Questi ultimi fattori vanno rivisti alla luce della crescente penetrazione del biocombustibile e del crescente interesse per i combustibili a basso contenuto di carbonio.

L'obiettivo di questo studio consiste nel quantificare gli effetti della miscelazione di etanolo sulle emissioni di $CO_2$ provenienti dal Processoo di raffinazione e miscelazione della benzina. Lo studio ha quantificato le emissioni di $CO_2$ prodotte dalla benzina miscelata con etanolo e miscelata con ETBE, quindi ha quantificato le variazioni di emissioni di $CO_2$ derivanti dal consumo di combustibile degli impianti per la produzione di etere, sia integrati in raffineria che commerciali. L'analisi ha fornito una comparazione relativa delle riduzioni di $CO_2$ tra miscelazione diretta di etanolo e ETBE a parità di quantità di etanolo-equivalente.

## B. Compendio dei risultati

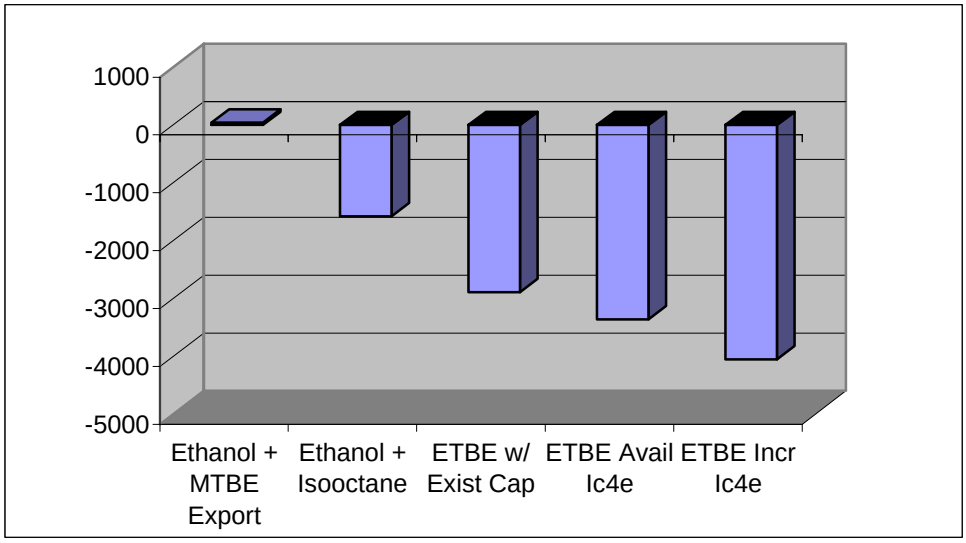
*Produzione e formulazione di benzina*

- E' stato stabilito un Caso Base 2010 che prevede 4,4 milioni di tonnellate/anno di MTBE a disposizione per la formulazione di benzina in Europa. Il caso base è stato messo a confronto con un caso che presenta il 5% di etanolo miscelato con benzina UE (5,5 milioni di tonnellate di etanolo) e un caso che presenta un volume comparabile (mole-equivalente al 5% di etanolo) di ETBE miscelato in benzina UE (12,1 milioni di tonnellate di ETBE).
- La sostituzione dell'MTBE con etanolo (5% della domanda di benzina UE) produce un piccolo cambiamento netto nelle operazioni di raffineria e formulazione della benzina. Il fabbisogno di petrolio greggio e la produzione di prodotto raffinato si prevede varieranno solo marginalmente rispetto al caso base.
- Il caso che prevede la sostituzione con etanolo richiede meno combustibile di raffineria a causa del volume di etanolo e dell'apporto ottanico. Questo caso comporta inoltre variazioni nella composizione della benzina. Entrambi i cambiamenti producono un lieve incremento delle emissioni di $CO_2$.

© **Copyright by Hart Energia Consulting**

- Sostituendo l'etanolo con 12,1 milioni di tonnellate di ETBE (equivalente molare del 5%v/v di etanolo) si riduce il fabbisogno di petrolio greggio di raffineria e l'intensità di lavorazione. Il caso con ETBE richiede meno combustibile di raffineria rispetto al caso base o al caso con etanolo.
- Il caso che prevede la sostituzione dell'ETBE può anche comportare notevoli cambiamenti di composizione della benzina con conseguente riduzione del fattore carbonio nella benzina e minori emissioni di $CO_2$.
- Il caso con ETBE dà come risultato una minore quantità di coke da raffineria, che si presuppone venga sostituito da carbone, con una lieve riduzione delle emissioni di $CO_2$.
- Ulteriori casi con etanolo sono stati esaminati con ipotesi alternative per quanto riguarda la produzione di MTBE (per esportazione) e la produzione di isoottene. I casi ETBE sono stati condotti anche con ipotesi alternative riguardanti la quantità di etanolo convertito in ETBE. Le riduzioni nette di emissioni di $CO_2$ per i casi iniziali con etanolo e ETBE e i casi alternativi con etanolo sono indicate nel grafico I.1.

**Grafico I.1: Riduzione delle emissioni di CO2 relativamente al caso base 2010**
*(Migliaia tonnellate/anno)*




*Source: Hart analysis and Hart Raffineria model output*

- Sostituire l'MTBE con etanolo miscelato direttamente comporta un incremento di meno di 0,1 milioni di tonnellate annue di emissioni di $CO_2$. La trasformazione di tutto l'etanolo in ETBE produce una riduzione di $CO_2$ pari a 4 milioni di tonnellate/anno.
- Sulla riduzione di $CO_2$ influiscono le strategie alternative di addizione di etanolo, come ad esempio il volume di etanolo convertito in ETBE, la collocazione della produzione attuale di MTBE e la produzione di isoottene. Le riduzioni di $CO_2$ nette per i vari casi con etanolo miscelato direttamente e con ETBE sono riportate nel grafico I.1.

© **Copyright by Hart Energia Consulting**

# II. Approccio allo studio, ipotesi e caso base

## A. Quadro generale

Gli impatti della miscelazione di etanolo e ETBE sulle emissioni di $CO_2$ sono analizzati mediante un modello di raffineria utilizzato per simulare in dettaglio le operazioni di lavorazione e miscelazione nelle raffinerie dell'Europa occidentale. Il modello rispetta i requisiti di raffinazione e miscelazione in raffineria per il mercato dei prodotti raffinati dell'Europa occidentale al 2010. I risultati del modello determinno i fabbisogni di petrolio greggio, la produzione di prodotto raffinato, le operazioni di lavorazione, il consumo di combustibile e il tenore di carbonio nel prodotto.
L'output delle simulazioni del modello di raffineria ha fornito la base per valutare l'impatto di etanolo e ETBE sulle emissioni di $CO_2$. Le variazioni nelle emissioni sono state quantificate analizzando:

- le variazioni del contenuto di carbonio nella benzina,
- le variazioni del volume di benzina (necessarie per mantenere l'energia equivalente della benzina nei diversi casi),
- le variazioni del tenore di carbonio e il volume di altri prodotti raffinati,
- le variazioni nella produzione ed utilizzo dei sottoprodotti,
- le variazioni del consumo e della composizione di combustibile di raffineria (tenore di carbonio),
- le variazioni della produzione di idrogeno, e
- le variazioni del consumo di combustibile per la produzione di eteri commerciabili.

E' stato messo a punto un modello relativo al caso base che rappresenta il mercato della raffinazione e dei prodotti raffinati in Europa occidentale per il 2010. Il caso base con modello e mercato dell'Europa occidentale è stato definito in modo da rappresentare i Paesi UE25 insieme con Islanda, Norvegia e Svizzera. Le capacità di raffineria sono state fissate a livelli rappresentativi del 2010. Nel caso base, si è supposto che la capacità di raffineria e produzione di MTBE/ETBE commerciale servisse a produrre MTBE. Non è stato utilizzato etanolo, né in miscela diretta né con ETBE.

Una serie di casi con etanolo sono stati condotti rendendo disponibile il 5% in volume di etanolo per la miscelazione in benzina. In questi casi non si è ipotizzata alcuna miscelazione di MTBE o ETBE nella benzina UE. Il caso con etanolo iniziale presupponeva che gli impianti MTBE di raffineria cessassero la produzione mentre gli impianti Commerciale di MTBE producessero allo stesso livello del caso base (in termini di acquisti di raffineria) ed esportassero il prodotto (MTBE) fuori UE. Casi alternativi con etanolo sono stati poi analizzati formulando ipotesi diverse per la produzione di MTBE commerciale e di raffineria e/o isoottano, come indicato di seguito:

- **Etanolo caso base** con il 5% di etanolo disponibile, nessuna produzione di etere dalle raffinerie, produzione di MTBE commerciale a livello del caso base ed esportato fuori UE;
- **Etanolo caso 2** con il 5% di etanolo disponibile, sia produzione di MTBE da raffineria che commerciale a livello del caso base, produzione di MTBE di raffineria reso

© **Copyright by Hart Energia Consulting**

disponibile per la miscelazione in benzina destinata all'esportazione (non verso USA), esportazione della produzione di etere commerciale e della residua produzione di MTBE di raffineria;

- **Etanolo caso 3** con il 5% di etanolo disponibile, isoottene prodotto sia negli impianti di eterificazione in raffineria che in quelli commerciali convertiti e reso disponibile per la miscelazione in benzina di raffineria.

Una seconda serie di casi con ETBE sono stati condotti con lo stesso volume di etanolo-equivalente presente nei casi con etanolo e con l'opzione di convertire tutto o una parte dell'etanolo in ETBE. Il caso ETBE iniziale presuppone che tutto l'etanolo disponibile sia convertito in ETBE. Sono poi stati condotti casi ETBE alternativi con diverse ipotesi di capacità e di conversione dell'etanolo in ETBE, come indicato di seguito:

- **ETBE caso base** con il 5% di etanolo disponibile e tutto convertito in ETBE, produzione di MTBE di raffineria convertito in ETBE e impianti commerciali che convertono il rimanente etanolo disponibile in ETBE;
- **ETBE caso 2** con il 5% di etanolo disponibile, isobutilene disponibile di raffineria e commerciale convertito in ETBE, il restante etanolo disponibile miscelato direttamente in benzina;
- **ETBE caso 3** con il 5% di etanolo disponibile, esistente capacità di produzione di etere di raffineria e commerciale utilizzata per la produzione di ETBE e il restante etanolo miscelato direttamente in benzina.

Nei casi con etanolo ed ETBE la benzina e gli altri principali prodotti di raffineria sono stati mantenuti costanti (su una base di equivalenza energetica). Per le quantità di gas di petrolio liquefatto (GPL) e coke di raffineria sono state ammesse variazioni in funzione delle simulazioni di raffinazione e dell'ottimizzazione di economicità dei Processoi di raffineria traguardati dal modello per fornire soluzioni realistiche.

Le ipotesi utilizzate per lo studio, i parametri del caso base ed i risultati di simulazione sono presentati ai punti B e C di questa sezione. Offerta e domanda di componenti e i risultati del modello per i casi con etanolo e ETBE sono riportati nel paragrafo III. Gli effetti in termini di $CO_2$ per questi casi sono presentati nella sezione IV.

### B. Ipotesi

Le principali ipotesi utilizzate in questo studio includono:

- Il quadro temporale dello studio è focalizzato sul 2010.
- Sono state ammesse variazioni del volume di greggio. La miscela di greggio di base era rappresentativa del greggio lavorato in Europa e le variazioni di greggio erano rappresentate dal greggio supplementare degli Urali.
- Si è ipotizzato che tutto il componente ossigenato sia miscelato in modo ottimizzato, vale a dire in modo tale che le benzine finite dopo l'addizione di ossigenato soddisfino le specifiche della benzina raffinata.
- Si è traguardata la produzione di benzina a 60 Kpa senza deroga per l'etanolo.

© **Copyright by Hart Energia Consulting**

- E' stata utilizzata una miscela di etanolo al 5% di volume.
- La benzina europea consisteva di due gradi (98 RON e 95 RON) dove 98 RON rappresentava il 6% circa del totale.
- I livelli di esportazione della benzina sono stati fissati ai quelli stimati per il 2010, con esportazioni per gli Stati Uniti di benzine senza ossigenati e si è ammesso l'utilizzo di MTBE per le altre esportazioni, in quei casi che prevedevano la produzione di MTBE.
- Le esportazioni negli USA di benzina riformulata (RFG) sono state tarate per l'addizione finale di etanolo negli Stati Uniti. Una parte delle esportazioni di benzina convenzionale per gli USA è stata prodotta per l'addizione di etanolo, mentre il resto era benzina convenzionale finita.
- Non è stata consentita alcuna espansione della capacità di raffineria, ad eccezione degli impianti di alchilazione. E' stato infatti consentito un incremento della capacità di alchilazione fino al 5% nel caso base con etanolo, considerando il conseguente investimento sostenuto per ogni espansione.
- Le emissioni di $CO_2$ da benzina sono state calcolate come il prodotto del fattore carbonio della benzina e del rapporto in peso $CO_2$/carbonio (i dettagli vengono riportati nell'Appendice 1).
- Le variazioni di $CO_2$ da jet Combustibile e gasolio sono state calcolate in modo simile, così come trattato nell'Appendice 1.
- È stato individuato il tenore di energia di benzina, jet Combustibile e gasolio e i modelli hanno fornito un volume di questi prodotti costante in equivalente energetico tra i diversi casi (maggiori dettagli vengono riportati nell'Appendice 1).

### C. Caso base

La Tabella II.1 fornisce una proiezione della domanda di prodotto raffinato in Europa occidentale, oltre a riportare i trend della domanda tra il 2006 e il 2010. La domanda di benzina continuerà a scendere, con un calo di oltre il 6% tra il 2006 e il 2010. Gran parte di questa riduzione sarà legata alla crescita delle motorizzazioni diesel del parco auto. La domanda di motori diesel crescerà infatti del 13%. Anche il jet Combustibile registrerà una crescita di circa il 13%. Saranno minimi i cambiamenti gli altri prodotti.

© **Copyright by Hart Energia Consulting**

**Tabella II.1: Domanda di prodotti raffinati in Europa occidentale: 2006-2010**
*(Milioni tonnellate/anno)*

| | 2006 | 2010 |
|---|---|---|
| Benzina | 111 | 104 |
| Nafta | 46 | 48 |
| Jet Combustibile/Kerosene | 55 | 61 |
| Gasolio | 186 | 211 |
| Altri Distillati | 110 | 97 |
| Combustib. Res. | 94 | 93 |
| GPL | 23 | 23 |
| Altri | 76 | 77 |
| **Totale** | **698** | **716** |

*Fonte: Analisi Hart basata su dati Agenzia Internazionale per l'Energia (IEA)*

La Tabella II.2 riporta la domanda e l'offerta di prodotti raffinati fino al 2010, le importazioni e il volume di prodotti raffinati richiesti dalla raffinerie. Vi sarà un surplus di produzione di benzina, gran parte del quale sarà assorbito dagli USA.

L'input di raffineria nel caso base viene riassunto nella Tabella II.3, mentre nella Tabella II.4 vengono riportati i dati relativi ad acquisto, produzione e miscelazione di MTBE. La produzione di raffineria viene riportata nella Tabella II.5.

**Tabella II.2: Input/Output di raffinazione in Europa occidentale: 2010**
*(Milioni tonnellate/anno)*

| | Domanda | Imports | Produzione Rafineria |
|---|---|---|---|
| Benzina | 104 | -32 | 136 |
| Nafta | 48 | 8 | 40 |
| Jet Combustibile/Kerosene | 61 | 11 | 50 |
| Gasolio | 211 | 23 | 188 |
| Altri Distillati | 97 | 5 | 92 |
| Combustib. Res. | 93 | -3 | 96 |
| GPL | 23 | | 23 |
| Altri | 77 | | 77 |

*Fonte: Analisi Hart basata su dati Agenzia Internazionale per l'Energia (IEA)*

© **Copyright by Hart Energia Consulting**

**Tabella II.3: Input di raffinazione in Europa occidentale: 2010**
*(Milioni tonnellate/anno)*

| | Input |
|---|---|
| Greggio | |
| Indigeno | 176 |
| *API* | *37.3* |
| *% Zolfo* | *0.33* |
| Importato | 491 |
| *API* | *33.7* |
| *% Zolfo* | *1.21* |
| Etanolo | 0 |
| MTBE | 2.4 |
| Metanolo | 0.7 |
| Biodiesel | 10.2 |
| Componenti Benzina | 9.7 |
| Altri Olii semi-lavorati | 10.9 |

*Fonte: Analisi Hart basata su dati Agenzia Internazionale per l'Energia (IEA)*

**Tabella II.4: Acquisti, produzione e miscelazione di MTBE: caso base**
*(Milioni tonnellate/anno)*

| | KT/Anno |
|---|---|
| *Acquisti* | |
| MTBE commerc. | 2450 |
| Etanolo | 0 |
| *Produzione* | |
| MTBE | 1990 |
| Etanolo ad ETBE | 0 |
| ETBE | 0 |
| *Miscelazione Benzina* | |
| MTBE | 4440 |
| Etanolo | 0 |
| ETBE | 0 |

*Fonte: Analisi Hart basata su dati Agenzia Internazionale per l'Energia (IEA)*

© **Copyright by Hart Energia Consulting**

**Tabella II.5: Output di raffinazione in Europa occidentale: 2010**
*(Milioni tonnellate/anno)*

| | Output |
|---|---|
| Benzina | |
| Grado 98 RON EU | 5.8 |
| Grado 95 RON EU | 98.7 |
| Export U.S. RFG | 5.2 |
| Export Convenzionale US | 18.3 |
| Export Altro | 8.0 |
| Nafta | 40.5 |
| BTX Chimica | 10.9 |
| Jet Combustibile | 49.9 |
| Distillato | |
| GAsolio 10 ppm | 187.8 |
| Altro Distillato | 92.4 |
| Combustibile Residuo | 96.2 |
| Lubrificanti/Asfalti | 24 |
| MTBE(1) | 2.0 |
| TAME(1) | 0.1 |

Nota: (1) Produzione di raffineria per miscelazione in benzina; inclusa nella produzione benzina
*Fonte: Analisi Hart basata su dati IEA e risultati modello*

Nel caso base, vengono prodotte 2.450 migliaia di tonnellate l'anno di MTBE negli impianti di etere commerciali ed altre 1.990 migliaia di tonnellate l'anno in raffineria. Il volume totale di MTBE rappresenta circa il 3% della produzione complessiva di benzina (benzina UE più esportazioni). L'MTBE miscelato con benzina UE rappresenta il 4,3% circa della benzina UE.

I gradi di benzina e le composizioni vengono riportati nelle tabelle II.6 e II.7. Le qualità prodotto sono al livello limite o prossime a questo.

**Tabella II.6: Gradi di benzina: caso base**

| | Benzina UE | Exports |
|---|---|---|
| Gravità Specifica | 0.74 | 0.72 |
| Zolfo (PPM) | 10 | 10 |
| RVP (Kpa) | 60.0 | 60.0 |
| Olefinee (vol%) | 6.5 | 15.0 |
| Aromatici (vol%) | 34.8 | 34.6 |
| Benzene (vol%) | 0.9 | 0.9 |
| Ottano Research | 95.3 | 96.0 |
| Ottano Motor | 85.9 | 86.3 |

*Fonte: risultati modellazione raffinerie HART*

© **Copyright by Hart Energia Consulting**

**Tabella II.7: Composizione della miscela di benzina: caso base**
***(Percentuale volume)***

| | Benzina UE | Exports |
|---|---|---|
| Butano | 5.0 | 4.7 |
| Nafte leggere | 7.4 | 20.8 |
| Isomerato | 11.7 | 2.1 |
| Lt FCC Gaso | 14.9 | 8.1 |
| Hv FCC Gaso | 2.8 | 32.9 |
| Riformate | 41.4 | 21.3 |
| Alkilato | 10.0 | 2.9 |
| MTBE | 4.1 | 0.6 |
| ETBE | 0.0 | 0.0 |
| Etanolo | 0.0 | 0.0 |
| Isoottene | 0.0 | 0.0 |
| Altri | 2.7 | 6.6 |

*Fonte: risultati modellazione raffinerie HART*

Nella Tabella III.8 vengono riportati i dati sulle capacità di raffineria e di utilizzo per il caso base. Le capacità di raffineria vengono utilizzate quasi al massimo nella maggior parte dei Processoi primari a valle.

**Tabella II.8: Capacità e utilizzo di raffineria: caso base**
*(Milioni tonnellate/anno)*

| | Capacità | Utilizzazione |
|---|---|---|
| Distillazione greggio | 762 | 667 |
| Nafta HDT | 145 | 127 |
| Isomerizzazione | 21 | 12 |
| Reforming | 98 | 85 |
| Kero/Distillato HDT | 297 | 276 |
| Olio Pesante HDT | 66 | 59 |
| Hydrocracking | 70 | 61 |
| FCC | 130 | 119 |
| FCC Nafts HDT | 25 | 23 |
| Alkilazione | 13 | 11 |
| Coking | 20 | 17 |
| MTBE | 2 | 2 |
| ETBE | 0 | 0 |
| Isoottene | 0 | 0 |

*Fonte: analisi Hart, Oil and Gas Journal, Risultati modello HART*

© **Copyright by Hart Energia Consulting**

# III. Caso etanolo e ETBE, offerta, domanda e risultati del modello

*Sommario dei casi con etanolo*

L'offerta e la domanda di componenti esaminate per i casi con etanolo vengono riportate nella Tabella III.1. La tabella mostra la produzione di etere commerciale, etanolo e isoottene, gli acquisti delle raffinerie, la produzione di raffineria, i componenti utilizzati nella formulazione della benzina ed il rimanente volume esportato. Le definizioni di caso base e caso con etanolo sono state fornite nel paragrafo precedente.

Ad eccezione del caso isoottano 3 con etanolo, la produzione di MTBE commerciale viene mantenuta costante. Nel caso base l'MTBE commerciale viene utilizzato per la miscelazione in benzina. In tutti gli altri casi, si assume che l'MTBE commerciale venga esportato.

**Tabella III.1: Acquisti, produzione e miscelazione componenti per benzina: casi con etanolo**
*(Migliaia tonnellate/anno)*

| | Base | | Caso Base Etanolo | | Etanolo 2 | Etanolo 3 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Produzione Commerciale* | | | | | | |
| MTBE | 2450 | | 2450 | | 2450 | 0 |
| Etanolo | 0 | | 5480 | | 5480 | 5480 |
| Etanolo ad ETBE | | | | | | |
| ETBE | 0 | | 0 | | 0 | 0 |
| Isoottene | 0 | | 0 | | 0 | 1500 |
| *Acquisti* | | | | | | |
| MTBE commerciale | 2450 | | 0 | | 0 | 0 |
| Etanolo | 0 | | 5480 | | 5480 | 5480 |
| ETBE commerciale | 0 | | 0 | | 0 | 0 |
| Isoottene | 0 | | 0 | | 0 | 1500 |
| *Produzione* | | | | | | |
| MTBE | 1990 | | 0 | | 1990 | 0 |
| Etanolo ad ETBE | 0 | | 0 | | 0 | 0 |
| ETBE | 0 | | 0 | | 0 | 0 |
| Isoottene | 0 | | 0 | | 0 | 1090 |
| *Formulazione benzina* | | | | | | |
| MTBE | 4440 | | 0 | | 870 | 0 |
| Etanolo | 0 | | 5480 | | 5480 | 5480 |
| ETBE | 0 | | 0 | | 0 | 0 |
| Isoottene | 0 | | 0 | | 0 | 2590 |
| *Exports* | | | | | | |
| MTBE commerciale | 0 | | 2450 | | 2450 | 0 |
| MTBE raffineria | 0 | | 0 | | 1120 | 0 |

*Fonte: analisi Hart basata su dati International Energia Agency (IEA*

Le tabelle III.2 e III.3 riportano l'input e l'output in raffineria per tutti i casi con etanolo. La tabella III. 3 riporta inoltre la produzione e miscelazione di etere di raffineria e isoottene per ogni caso.

© **Copyright by Hart Energia Consulting**

**Tabella III.2: Input di raffineria: casi con etanolo**
*(Milioni tonnellate/anno)*

| | Base | | Caso Base Etanolo | | Etanolo 2 | Etanolo 3 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Petrolio Greggio | | | | | | |
| Indigeno | 176 | | 176 | | 176 | 176 |
| *API* | *37.3* | | *37.3* | | *37.3* | *37.3* |
| *% Zolfo* | *0.33* | | *0.33* | | *0.33* | *0.33* |
| Importato | 491 | | 491 | | 491 | 490 |
| *API* | *33.7* | | *33.7* | | *33.7* | *33.7* |
| *% Zolfo* | *1.21* | | *1.21* | | *1.21* | *1.21* |
| Etanolo | 0 | | 5.5 | | 5.5 | 5.5 |
| MTBE | 2.4 | | 0 | | 0 | 0 |
| ETBE | 0 | | 0 | | 0 | 0 |
| Isoottene | 0 | | 0 | | 0 | 1.5 |
| Metanolo | 0.7 | | 0 | | 0.7 | 0 |
| Biodiesel | 10.2 | | 10.2 | | 10.2 | 10.2 |
| Componenti benzina | 9.7 | | 9.7 | | 9.7 | 9.7 |
| Altri olii semi-lavorati | 10.9 | | 10.9 | | 10.9 | 10.9 |

*Fonte: analisi Hart basata su dati International Energia Agency (IEA*

**Tabella III.3: Output di raffineria: casi con etanolo**
*(Milioni tonnellate/anno)*

| | Base | | Caso Base Etanolo | | Etanolo 2 | Etanolo 3 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Produzione/Vendite Raffineria* | | | | | | |
| Benzina | | | | | | |
| Grado 98 RON EU | 5.8 | | 5.9 | | 5.9 | 5.9 |
| Grado 95 RON EU | 98.7 | | 99.9 | | 99.8 | 99.7 |
| Export U.S. RFG | 5.2 | | 5.2 | | 5.2 | 5.2 |
| Export U.S. Convenzionale | 18.3 | | 18.3 | | 18.3 | 18.3 |
| Altro Export | 8.0 | | 8.0 | | 8.0 | 8.0 |
| Naftha | 40.5 | | 40.5 | | 40.5 | 40.5 |
| BTX Chemicals | 10.9 | | 10.9 | | 10.9 | 10.9 |
| Jet Combustibile | 49.9 | | 49.9 | | 49.9 | 49.9 |
| Distillato | | | | | | |
| Diesel 10 ppm | 187.8 | | 187.8 | | 187.8 | 187.8 |
| Altro Distillate | 92.4 | | 92.4 | | 92.4 | 92.4 |
| Combustibile residuo | 96.2 | | 96.2 | | 96.2 | 96.2 |
| Lubrificanti/Asfalto | 24 | | 24 | | 24 | 24 |
| GPL | 19 | | 20 | | 20 | 21 |
| MTBE | 0 | | 0 | | 1.1 | 0 |
| *Produzione/raffinazione Rafineria* | | | | | | |
| MTBE | 2.0 | | 0 | | 0.9 | 0 |
| ETBE | 0 | | 0 | | 0 | 0 |
| Isoottene | 0 | | 0 | | 0 | 1.3 |
| TAME | 0.1 | | 0.1 | | 0.1 | 0.1 |

*Fonte: analisi Hart e risultati modellazione Hart raffinerie*

© **Copyright by Hart Energia Consulting**

La produzione di benzina UE varia nei diversi casi. Questa differenza è dovuta alle variazioni del contenuto energetico della benzina prodotta. I volumi sono stati regolati tra i diversi casi in modo da mantenere costante la benzina su una base di equivalente energetico. La Tabella III.4 riporta il tenore di energia della benzina UE e l'energia totale della benzina calcolati per i casi con etanolo. Le variazioni del contenuto di energia per jet Combustibile e diesel sono risultate insignificanti e dunque nessuna regolazione del volume è stata effettuata.

**Tabella III.4: Contenuto di energia della benzina: casi con etanolo**

| | Base | Caso Base Etanolo | Etanolo 2 | Etanolo 3 |
|---|---|---|---|---|
| Benzina EU - Milioni Ton/Anno | 104.5 | 105.8 | 105.7 | 105.6 |
| Contenuto Energetico - MJ/kg | 42.72 | 42.23 | 42.24 | 42.27 |
| Energia Benzina - PJ/Anno | 4470 | 4470 | 4470 | 4470 |

*Fonte: risultati modello raffiniira HArt*

A causa del minore contenuto di energia dell'etanolo è necessario che si produca benzina supplementare nei casi con etanolo allo scopo di mantenere costante l'apporto di energia della benzina. Sebbene l'etanolo sia un combustibile a basso tenore di carbonio e generi minori emissioni di $CO_2$ rispetto alla benzina idrocarburica, la maggiore domanda di benzina richiesta per mantenere costante l'energia controbilancia i vantaggi del basso tenore di carbonio dell'etanolo. Gli impatti sono quantificati nel Paragrafo IV.

Le tabelle III.5 e III.6 riportano le caratteristiche della benzina e le composizioni della miscela per i casi con etanolo. L'impatto qualitativamente più significativo è sul contenuto di composti aromatici (elevato fattore carbonio e dunque maggior contributo alle emissioni di $CO_2$). Il tenore di composti aromatici nei casi con etanolo si attesta a circa l'1% sotto il caso base. Il contenuto inferiore di composti aromatici comporta minori emissioni di $CO_2$ per tonnellata di benzina.

Le composizioni della benzina riportate nella Tabella III.5 mostrano un calo significativo del butano per i casi con etanolo. La maggiore volatilità dell'etanolo ha resa necessaria la rimozione del butano allo scopo di soddisfare le specifiche RVP.

La Tabella III.7 illustra i dati sull'utilizzo della capacità di raffineria per i casi con etanolo. Vengono anche riportati gli utilizzi del caso base come riferimento. Nel caso base con etanolo, è stata fornita un'ulteriore capacità di alchilazione del 5% (così come annotata nelle ipotesi del Paragrafo II) e dunque l'utilizzo è risultato più elevato.

© **Copyright by Hart Energia Consulting**

## Tabella III.5: Qualità benzina: casi con etanolo

| | Caso Base | | Caso Base Etanolo | |
|---|---|---|---|---|
| | **Benzina UE** | **Exports** | **Benzina UE** | **Exports** |
| Gravità Specifica | 0.74 | 0.72 | 0.75 | 0.72 |
| Zolfo (PPM) | 10 | 10 | 10 | 10 |
| RVP (Kpa) | 60.0 | 60.0 | 60.0 | 60.0 |
| Olefinee (vol%) | 6.5 | 15.0 | 6.9 | 15.0 |
| Aromatici (vol%) | 34.8 | 34.6 | 33.9 | 34.6 |
| Benzene (vol%) | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 |
| Ottano Research | 95.3 | 96.0 | 95.3 | 96.0 |
| Ottano Motor | 85.9 | 86.3 | 85.3 | 86.3 |
| | | | | |
| | **Etanolo 2** | | **Etanolo 3** | |
| | **Benzina UE** | **Exports** | **Benzina UE** | **Exports** |
| Gravità Specifica | 0.75 | 0.72 | 0.75 | 0.72 |
| Zolfo (PPM) | 10 | 10 | 10 | 10 |
| RVP (Kpa) | 60.0 | 60.0 | 60.0 | 60.0 |
| Olefinee (vol%) | 6.7 | 15.0 | 6.4 | 15.0 |
| Aromatici (vol%) | 33.9 | 34.6 | 32.9 | 34.6 |
| Benzene (vol%) | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 |
| Ottano Research | 95.3 | 96.0 | 95.3 | 96.0 |
| Ottano Motor | 85.3 | 86.3 | 85.3 | 86.3 |

*Fonte: risultati modello raffiniira HArt*

© **Copyright by Hart Energia Consulting**

**Tabella III.6: Composizione miscela benzina: casi con etanolo**
***(Percentuale volume)***

| | Caso Base | | Caso Base Etanolo | |
|---|---|---|---|---|
| | **Benzina UE** | **Exports** | **Benzina UE** | **Exports** |
| Butano | 5.0 | 4.7 | 3.1 | 5.3 |
| Nafta Leggera | 7.4 | 20.8 | 6.6 | 23.0 |
| Isomerato | 11.7 | 2.1 | 12.0 | 0.0 |
| Lt FCC Gaso | 14.9 | 8.1 | 15.0 | 7.4 |
| Hv FCC Gaso | 2.8 | 32.9 | 4.7 | 27.0 |
| Riformato | 41.4 | 21.3 | 41.4 | 23.9 |
| Alkilato | 10.0 | 2.9 | 9.7 | 5.5 |
| MTBE | 4.1 | 0.6 | 0.0 | 0.0 |
| ETBE | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Etanolo | 0.0 | 0.0 | 4.9 | 0.0 |
| Isoottene | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Altri | 2.7 | 6.6 | 2.6 | 7.9 |
| | | | | |
| | **Etanolo 2** | | **Etanolo 3** | |
| | **Benzina UE** | **Exports** | **Benzina UE** | **Exports** |
| Butano | 3.0 | 5.3 | 3.1 | 5.6 |
| Nafta Leggera | 5.3 | 25.8 | 7.7 | 19.8 |
| Isomerato | 12.5 | 0.0 | 12.4 | 0.0 |
| Lt FCC Gaso | 15.7 | 5.4 | 14.7 | 5.7 |
| Hv FCC Gaso | 2.8 | 32.1 | 3.2 | 30.6 |
| Riformato | 45.1 | 14.0 | 39.2 | 27.5 |
| Alkilato | 9.7 | 3.8 | 10.9 | 0.0 |
| MTBE | 0.0 | 2.6 | 0.0 | 0.0 |
| ETBE | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Etanolo | 4.9 | 0.0 | 4.9 | 0.0 |
| Isoottene | 0.00 | 0.0 | 1.4 | 4.2 |
| Altri | 1.0 | 11.0 | 2.5 | 6.6 |

*Fonte: risultati modello raffineria HArt*

© **Copyright by Hart Energia Consulting**

**Tabella III.7: Utilizzo capacità di raffineria: casi con etanolo**
*(Milioni tonnellate/anno)*

| | Base | Caso Base Etanolo | Etanolo 2 | Etanolo 3 |
|---|---|---|---|---|
| Distillazione Greggio | 667 | 667 | 667 | 666 |
| Nafta HDT | 127 | 127 | 124 | 125 |
| Isom (C5/C6) | 12 | 11 | 12 | 12 |
| Reforming | 85 | 86 | 86 | 85 |
| Kero/Distillate HDT | 276 | 253 | 253 | 252 |
| Olio Pesante HDT | 59 | 59 | 59 | 59 |
| Hydrocracking | 61 | 61 | 61 | 61 |
| FCC | 119 | 119 | 119 | 119 |
| FCC Nafta HDT | 23 | 23 | 22 | 21 |
| Alkilazione | 11 | 12 | 11 | 11 |
| Coking | 17 | 17 | 17 | 17 |
| MTBE | 2 | 0 | 2 | 0 |
| ETBE | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Isoottene | 0 | 0 | 0 | 1 |

*Fonte: analisi Hart, Oil and Gas Journal, Risultati modello HART*

*Sommario casi con ETBE*

L'offerta e la domanda del componente per benzina per i casi con ETBE esaminati vengono riassunte nella Tabella III.8. Come nel paragrafo precedente, la tabella indica la produzione di etere ed etanolo commerciale, gli acquisti dalla raffineria, la produzione di raffineria e i componenti utilizzati nella miscelazione della benzina. Per i casi con ETBE non vi sono esportazioni di componenti né produzione di isoottano.

Le tabelle III.9 e III.10 riportano l'input e l'output di raffineria per i casi con ETBE. La Tabella III.10 riporta inoltre la produzione e la miscelazione di etere e isoottano di raffineria per ogni caso.

© **Copyright by Hart Energia Consulting**

**Tabella III.8: Acquisti, produzione e miscelazione componenti per benzina: casi con ETBE**
*(Migliaia tonnellate/anno)*

| | Base | | Caso Base ETBE | | ETBE 2 | ETBE 3 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Produzione Commerciale* | | | | | | |
| MTBE | 2450 | | 0 | | 0 | 0 |
| Etanol | 0 | | 5480 | | 5480 | 5480 |
| Etanolo ad ETBE | | | -4030 | | -1490 | -1290 |
| ETBE | 0 | | 8880 | | 3290 | 2840 |
| Isoottene | 0 | | 0 | | 0 | 0 |
| *Acquisti* | | | | | | |
| MTBE Commerciale | 2450 | | 0 | | 0 | 0 |
| Etanolo | 0 | | 1450 | | 3980 | 4190 |
| ETBE Commerciale | 0 | | 8880 | | 3290 | 2840 |
| Isoottene | 0 | | 0 | | 0 | 0 |
| *Produzione* | | | | | | |
| MTBE | 1990 | | 0 | | 0 | 0 |
| Etanolo ad ETBE | 0 | | -1450 | | -1590 | -1040 |
| ETBE | 0 | | 3200 | | 3510 | 2300 |
| Isoottene | 0 | | 0 | | 0 | 0 |
| *Formulazione Benzina* | | | | | | |
| MTBE | 4440 | | 0 | | 0 | 0 |
| Etanolo | 0 | | 0 | | 2390 | 3150 |
| ETBE | 0 | | 12,080 | | 6800 | 5140 |
| Isoottene | 0 | | 0 | | 0 | 0 |
| *Exports* | | | | | | |
| MTBE Commerciale | 0 | | 0 | | 0 | 0 |
| MTBE Raffineria | 0 | | 0 | | 0 | 0 |

*Fonte: analisi Hart basata su dati International Energia Agency (IEA*

© **Copyright by Hart Energia Consulting**

## Tabella III.9: Input di raffineria: casi con ETBE
*(Milioni tonnellate/anno)*

| | Base | | Caso Base ETBE | | ETBE 2 | ETBE 3 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Petrolio Greggio | | | | | | |
| Indigeno | 176 | | 176 | | 176 | 176 |
| *API* | *37.3* | | *37.3* | | *37.3* | *37.3* |
| *% Zolfo* | *0.33* | | *0.33* | | *0.33* | *0.33* |
| Importato | 491 | | 485 | | 486 | 487 |
| *API* | *33.7* | | *33.7* | | *33.7* | *33.7* |
| *% Zolfo* | *1.21* | | *1.21* | | *1.21* | *1.21* |
| Etanolo | 0 | | 1.4 | | 4.0 | 4.2 |
| MTBE | 2.4 | | 0 | | 0 | 0 |
| ETBE | 0 | | 9.0 | | 3.3 | 2.8 |
| Isoottene | 0 | | 0 | | 0 | 0 |
| Metanolo | 0.7 | | 0 | | 0 | 0 |
| Biodiesel | 10.2 | | 10.2 | | 10.2 | 10.2 |
| Componenti Benzina | 9.7 | | 9.7 | | 9.7 | 9.7 |
| Altri Olii Semi-lavorati | 10.9 | | 10.9 | | 10.9 | 10.9 |

*Fonte: analisi Hart basata su dati International Energia Agency (IEA*

## Tabella III.10: Output di raffineria: casi con ETBE
*(Milioni tonnellate/anno)*

| | Base | | Cso ETBE | | ETBE 2 | ETBE 3 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Produzione/Vendite Raffineria* | | | | | | |
| Benzina | | | | | | |
| Grado 98 RON EU | 5.8 | | 5.9 | | 5.9 | 5.9 |
| Grado 95 RON EU | 98.7 | | 99.3 | | 99.5 | 99.6 |
| Export U.S. RFG | 5.2 | | 5.2 | | 5.2 | 5.2 |
| Export Convenz. U.S. | 18.3 | | 18.3 | | 18.3 | 18.3 |
| Export Altro | 8.0 | | 8.0 | | 8.0 | 8.0 |
| Nafta | 40.5 | | 40.5 | | 40.5 | 40.5 |
| BTX Chemicals | 10.9 | | 10.9 | | 10.9 | 10.9 |
| Jet Combustibile | 49.9 | | 49.9 | | 49.9 | 49.9 |
| Distillato | | | | | | |
| Diesel 10 ppm | 187.8 | | 187.8 | | 187.8 | 187.8 |
| Altri Distillate | 92.4 | | 92.4 | | 92.4 | 92.4 |
| Combustibile Residuo | 96.2 | | 96.2 | | 96.2 | 96.2 |
| Lubrificanti /Asfalti | 24 | | 24 | | 24 | 24 |
| GPL | 19 | | 20 | | 19 | 19 |
| MTBE | 0 | | 0 | | 0 | 0 |
| *Produzione/Formulazione Raffineria* | | | | | | |
| MTBE | 2.0 | | 0 | | 0 | 0 |
| ETBE | 0 | | 3.2 | | 3.5 | 2.3 |
| Isoottene | 0 | | 0 | | 0 | 0 |
| TAME | 0.1 | | 0.1 | | 0.1 | 0.1 |

*Fonte: Analisi e risultati modellazione Hart*

© **Copyright by Hart Energia Consulting**

La Tabella III.11 riporta il contenuto di energia della benzina UE e l'energia totale della benzina calcolati per i casi con ETBE. Così come con i casi con etanolo, il minore contenuto di energia dell'ETBE dà come risultato una benzina miscelata con ETBE con minore energia e pertanto è richiesta benzina supplementare per mantenere costante l'energia della benzina. Le variazioni del contenuto di energia per jet Combustibile e diesel si sono rivelate insignificanti e dunque non è stata eseguita nessuna regolazione di volume.

**Tabella III.11: Contenuto di energia della benzina: casi con ETBE**

| | Base | Caso Base ETBE | ETBE 2 | ETBE 3 |
|---|---|---|---|---|
| Benzina UE - Milioni Tons/Anno | 104.5 | 105.2 | 105.4 | 105.5 |
| Contenuto Energia - MJ/kg | 42.72 | 42.44 | 42.36 | 42.33 |
| Energia Benzina - PJ/Anno | 4470 | 4470 | 4470 | 4470 |

*Fonte: Risultati modello raffineria Hart*

Le tabelle III.12 e III.13 riportano le qualità di benzina e le composizioni della miscela per i casi con ETBE. L'impatto qualitativamente più significativo si ha sul contenuto di composti aromatici (elevato fattore carbonio e dunque il maggior contributo alle emissioni di $CO_2$), così come già visto nei casi con etanolo. Per l'ETBE, la variazione dei composti aromatici è molto più significativa che non nei casi con etanolo (riduzione dal 3 al 5% contro l'1% circa per l'etanolo).

La Tabella III.14 riporta in sintesi l'utilizzo della capacità di raffineria per i casi con etanolo. Sono anche riportati gli utilizzi nel caso base come riferimento.

**Tabella III.12: Qualità di benzina: casi con ETBE**

| | Caso Base | | Caso Base ETBE | |
|---|---|---|---|---|
| | Benzina UE | Exports | Benzina UE | Exports |
| Gravità specifica | 0.74 | 0.72 | 0.74 | 0.72 |
| Zolfo (PPM) | 10 | 10 | 10 | 10 |
| RVP (Kpa) | 60.0 | 60.0 | 60.0 | 60.0 |
| Olefine (vol%) | 6.5 | 15.0 | 6.4 | 15.0 |
| Aromatici (vol%) | 34.8 | 34.6 | 29.1 | 34.6 |
| Benzene (vol%) | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 |
| Ottano Research | 95.3 | 96.0 | 95.3 | 96.0 |
| Ottano Motor | 85.9 | 86.3 | 85.6 | 86.3 |
| | | | | |
| | ETBE 2 | | ETBE 3 | |
| | Benzina UE | Exports | Benzina UE | Exports |
| Gravità specifica | 0.74 | 0.72 | 0.74 | 0.72 |
| Zolfo (PPM) | 10 | 10 | 10 | 10 |
| RVP (Kpa) | 60.0 | 60.0 | 60.0 | 60.0 |
| Olefine (vol%) | 7.0 | 15.0 | 7.0 | 15.0 |
| Aromatici (vol%) | 30.9 | 34.6 | 31.8 | 34.6 |
| Benzene (vol%) | 0.9 | 0.0 | 0.9 | 0.0 |
| Ottano Research | 95.3 | 96.0 | 95.3 | 96.0 |
| Ottano Motor | 85.3 | 86.3 | 85.3 | 86.3 |

*Fonte: Risultati modello raffineria Hart*

© **Copyright by Hart Energia Consulting**

**Tabella III.13: Composizione miscela benzina: casi con ETBE**
***(Percentuale volume)***

| | Base Case | | ETBE Base Case | |
|---|---|---|---|---|
| | **Benzina UE** | **Exports** | **Benzina UE** | **Exports** |
| Butane | 5.0 | 4.7 | 4.4 | 4.6 |
| Nafta Leggera | 7.4 | 20.8 | 7.5 | 20.1 |
| Isomerato | 11.7 | 2.1 | 13.2 | 0.0 |
| Lt FCC Gaso | 14.9 | 8.1 | 14.7 | 6.2 |
| Hv FCC Gaso | 2.8 | 32.9 | 2.5 | 26.7 |
| Riformato | 41.4 | 21.3 | 33.8 | 27.8 |
| Alkilato | 10.0 | 2.9 | 7.6 | 3.8 |
| MTBE | 4.1 | 0.6 | 0.0 | 0.0 |
| ETBE | 0.0 | 0.0 | 11.5 | 0.0 |
| Etanolo | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Isoottene | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Altri | 2.7 | 6.6 | 4.8 | 10.8 |
| | | | | |
| | **ETBE 2** | | **ETBE 3** | |
| | **Benzina UE** | **Exports** | **Benzina UE** | **Exports** |
| Butano | 3.9 | 5.1 | 3.6 | 5.3 |
| Nafta Leggera | 7.1 | 20.1 | 7.6 | 20.1 |
| Isomerato | 13.1 | 0.4 | 13.2 | 0.0 |
| Lt FCC Gaso | 16.0 | 5.9 | 15.4 | 5.6 |
| Hv FCC Gaso | 1.4 | 28.6 | 1.8 | 31.5 |
| Riformato | 38.3 | 28.6 | 38.3 | 26.2 |
| Alkilato | 9.5 | 3.9 | 9.6 | 3.9 |
| MTBE | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| ETBE | 6.5 | 0.0 | 4.9 | 0.0 |
| Etanolo | 2.1 | 0.0 | 2.9 | 0.0 |
| Isoottene | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Altri | 2.1 | 7.4 | 2.7 | 7.4 |

*Fonte: Risultati modello raffineria Hart*

© **Copyright by Hart Energia Consulting**

**Tabella III.14: Utilizzo capacità di raffineria: casi con ETBE**
*(Milioni tonnellate/anno)*

| | Base | Caso Base \ETBE | ETBE 2 | ETBE 3 |
|---|---|---|---|---|
| Distillazione Greggio | 667 | 661 | 662 | 664 |
| Nafta HDT | 127 | 117 | 120 | 123 |
| Isom (C5/C6) | 12 | 13 | 13 | 12 |
| Reforming | 85 | 79 | 83 | 83 |
| Kero/Distillate HDT | 276 | 253 | 253 | 253 |
| Olio Pesante HDT | 59 | 59 | 59 | 59 |
| Hydrocracking | 61 | 61 | 61 | 61 |
| FCC | 119 | 119 | 119 | 119 |
| FCC Naph. HDT | 23 | 19 | 20 | 21 |
| Alkylation | 11 | 9 | 11 | 11 |
| Coking | 17 | 15 | 15 | 16 |
| MTBE | 2 | 0 | 0 | 0 |
| ETBE | 0 | 3 | 4 | 3 |
| Isoottene | 0 | 0 | 0 | 0 |

*Fonte: analisi Hart, Oil and Gas Journal, Risultati modello HART*

© **Copyright by Hart Energia Consulting**

# IV. Impatti $CO_2$

*Impatti $CO_2$ benzina e raffineria*

L'addizione di ossigenato avrà un impatto sulla formulazione della benzina e sui requisiti di qualità e raffinazione. Questi impatti di miscelazione/raffinazione comporteranno un aumento o un calo delle emissioni di $CO_2$ da diverse fonti di emissione:

- Il minore contenuto di carbonio degli ossigenati diminuirà le emissioni di $CO_2$ da benzina.
- Il minore contenuto di energia dell'ossigenato avrà come conseguenza un incremento del fabbisogno di volume della benzina, con un conseguente aumento delle emissioni di $CO_2$ da benzina.
- La miscelazione di ossigenato comporterà altri cambiamenti di composizione del combustibile (p.e. meno composti aromatici) che tenderanno a ridurre il contenuto di carbonio della benzina.
- Gli ossigenati riducono il fabbisogno di ottano di raffineria, diminuendo di conseguenza il fabbisogno di combustibile di raffineria e le relative emissioni di $CO_2$.
- Un minore fabbisogno di ottano comporta una riduzione della capacità di reforming della benzina. Questo comporterà una richiesta supplementare di idrogeno di raffineria proveniente dal Processoo di generazione di idrogeno, con conseguente aumento delle emissioni di $CO_2$.

Le tabelle IV.1 e IV.2 riassumono gli effetti delle emissioni di $CO_2$ da raffineria per i casi con etanolo e ETBE. Questi impatti vengono quantificati per i prodotti o altre attività di raffinazione in cui l'uso di etanolo o ETBE ha degli impatti sulle emissioni di $CO_2$. Le variazioni di $CO_2$ vengono riportate relativamente alle variazioni di produzione/qualità della benzina, il combustibile di raffineria e il fabbisogno incrementale di idrogeno di raffineria.

La produzione di benzina è stata mantenuta costante sulla base di energia. Questo ha comportato una lieve variazione della produzione tra i diversi casi così come discusso in precedenza e come indicato nelle tabelle IV.1 e IV.2.
Nei casi con etanolo, il contenuto di carbonio della benzina è stato ridotto, mentre il volume di benzina totale è stato incrementato in modo da mantenere costante l'apporto di energia della benzina. Il risultato è un incremento netto delle emissioni di $CO_2$ da benzina nel caso base con etanolo e nel caso 2 con etanolo. Le variazioni di composizione della benzina con un maggior volume di isoottano nell'ultimo caso (etanolo 3) controbilanciano altri incrementi dovuti alla minore energia e al maggior volume di benzina.

I requisiti del Processoo di raffineria e di combustibile sono inferiori in seguito all'aggiunta di etanolo e questo alla luce del volume supplementare di etanolo e del numero di ottano. Nel complesso si ha un calo netto della benzina e delle emissioni di $CO_2$ di raffineria.
Nei casi con ETBE (come con l'etanolo), il livello di carbonio della benzina è stato ridotto, mentre il volume di benzina totale è stato incrementato in modo da mantenere costante l'apporto di energia della benzina. Per i casi con ETBE, la variazione del contenuto di carbonio è leggermente più elevata rispetto ai casi con etanolo e ciò a causa del più elevato volume di

© **Copyright by Hart Energia Consulting**

ossigenato utilizzato (ETBE contro etanolo). Anche i casi con ETBE sono leggermente più favorevoli rispetto a quelli con etanolo in termini di livello energetico.
Il fabbisogno di combustibile di raffineria è molto più basso nei casi con ETBE a causa del volume supplementare e dell'ottano disponibile. D'altra parte, il fabbisogno di produzione di idrogeno cresce a causa della minore necessità di reforming. Le emissioni legate all'idrogeno controbilanciano in parte la riduzione delle emissioni di $CO_2$ conseguenti al consumo di combustibile.

**Tabella IV.1: Emissioni di CO2 derivanti da benzina, combustibile di raffineria e produzione di idrogeno: casi con etanolo**

| | Base | | Caso Base Etanolo | | Etanolo 2 | Etanolo 3 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Consumo Benzina | | | | | | |
| Migliaia Ton/Anno | 104,500 | | 105,800 | | 105,700 | 105,600 |
| | | | | | | |
| Emissioni $CO_2$ Benzina | | | | | | |
| Fattore Carbonio | 0.862 | | 0.853 | | 0.853 | 0.853 |
| $CO_2$ Ton/Anno | 330,400 | | 330,800 | | 330,700 | 330,200 |
| | | | | | | |
| Combustibile Raffineria | | | | | | |
| PJ/Anno | 1610 | | 1610 | | 1600 | 1600 |
| $CO_2$ Ton/Anno | 112,200 | | 112,000 | | 111,600 | 111,300 |
| | | | | | | |
| Generazione Idrogeno | | | | | | |
| MMSCF/Anno | 1,049,000 | | 1,048,000 | | 1,053,000 | 1,045,000 |
| $CO_2$ Tons/Anno | 27,900 | | 27,900 | | 28,000 | 27,800 |

*Fonte: Risultati modello raffineria Hart*

© **Copyright by Hart Energia Consulting**

**Tabella IV.2: Emissioni di CO2 dalla benzina, combustibile di raffineria e produzione di idrogeno: casi con ETBE**

| | Base | | Caso Base ETBE | | ETBE 2 | ETBE 3 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Consumo Benzina | | | | | | |
| Migliaia Ton/Anno | 104,500 | | 105,200 | | 105,400 | 105,500 |
| | | | | | | |
| Emissioni $CO_2$ Benzina | | | | | | |
| Fattore Carbonio | 0.862 | | 0.850 | | 0.851 | 0.852 |
| $CO_2$ Tons/Anno | 330,400 | | 327,900 | | 328,900 | 329,400 |
| | | | | | | |
| Combustibile Raffineria | | | | | | |
| PJ/Anno | 1610 | | 1560 | | 1580 | 1590 |
| $CO_2$ Tons/Anno | 112,200 | | 109,300 | | 110,200 | 110,600 |
| | | | | | | |
| Generazione Idrogeno | | | | | | |
| MMSCF/Anno | 1,049,000 | | 1,086,000 | | 1,073,000 | 1,056,000 |
| $CO_2$ Tons/Anno | 27,900 | | 28,900 | | 28,500 | 28,100 |

*Fonte: Risultati modello raffineria Hart*

*Impatti di $CO_2$ dalla produzione di componenti commerciabili e da variazioni di sottoprodotti*

Vi sono anche potenziali impatti di $CO_2$ all'esterno della raffineria. Per prima cosa, la produzione di MTBE, ETBE o isoottano commerciale e la produzione di metanolo generano emissioni di $CO_2$ legate al Processoo. Vi sono poi potenziali impatti di $CO_2$ legati alla produzione di sottoprodotti di raffineria. Si presuppone che gli incrementi della produzione di coke di raffineria vadano a rifornire il mercato del combustibile, sostituendo il carbone come combustibile incrementale. L'impatto sulle emissioni di $CO_2$ è calcolato come equivalente energetico della differenza di emissione di $CO_2$ tra coke e carbone.

Le tabelle IV. 3 e IV.4 riportano gli altri impatti (esterni alla raffineria) sulle emissioni di $CO_2$ rispettivamente per i casi con ETBE ed etanolo. Per i casi con etanolo, le emissioni di Processoo degli impianti commerciale dalla produzione di MTBE o isoottano non cambiano. Le emissioni di metanolo sono ridotte in quei casi in cui la produzione di MTBE viene ridotta ed eliminata. Non vi sono cambiamenti nelle emissioni di $CO_2$ da sottoprodotto. Per il caso base con ETBE, vi è un forte incremento delle emissioni da Processoi commerciale che è causato dalla maggiore produzione di etere e combustibile associato alla produzione di isobutilene incrementale dai butani. Per tutti i casi con ETBE, è indicata una riduzione di $CO_2$ che riflette l'eliminazione della produzione di metanolo (per MTBE). Anche i casi con ETBE evidenziano una lieve riduzione delle emissioni di $CO_2$ associata alla produzione di coke da sottoprodotto.

© **Copyright by Hart Energia Consulting**

**Tabella IV.3: Emissioni $CO_2$ legate al combustibile per impianti commerciale e sottoprodotti: casi con etanolo**

| | Base | | Caso Base Etanolo | | Etanolo 2 | Etanolo 3 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Emissioni $CO_2$ Combustibile Processoo | | | | | | |
| $CO_2$ Migliaia Ton/Anno | 230 | | 230 | | 230 | 230 |
| Produzione Metanolo | | | | | | |
| $CO_2$ Migliaia Ton/Anno | 380 | | 210 | | 380 | 0 |
| Variazione Combustibile Byproduct | | | | | | |
| $CO_2$ Migliaia Tons/Anno | 1,100 | | 1,100 | | 1,100 | 1,100 |

*Fonte: analisi Hart*

**Tabella IV.4: Emissioni $CO_2$ legate al combustibile per impianti commerciale e sottoprodotti: casi con ETBE**

| | Base | | Caso Base ETBE | | ETBE 2 | ETBE 3 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Emissioni $CO_2$ Combustibile Processo | | | | | | |
| $CO_2$ Migliaia Ton/Anno | 230 | | 1,060 | | 250 | 220 |
| Produzione Metanolo | | | | | | |
| $CO_2$ Migliaia Ton/Anno | 380 | | 0 | | 0 | 0 |
| Variazione Combustibile Byproduct | | | | | | |
| $CO_2$ Migliaia Ton/Anno | 1,100 | | 1,000 | | 1,000 | 1,000 |

*Fonte: analisi Hart*

L'impatto sulle emissioni nette di $CO_2$ è riportato nelle tabelle IV.5 e IV.6. Tali emissioni sono suddivise in base a produzione di benzina, combustibile di raffineria, idrogeno, combustibile per impianti commerciale e altri impatti dovuti alla sostituzione del combustibile da sottoprodotto.

Le emissioni di $CO_2$ nel caso base con etanolo sono stimate in 0,2 milioni di tonnellate l'anno al di sotto del caso base. Il caso 2 con etanolo è simile al caso base con etanolo, con emissioni di $CO_2$ pari a 0,2 milioni di tonnellate l'anno al di sotto del caso base. Infine, il caso 3 con etanolo, con produzione di isoottano di raffineria e commerciale, comporta emissioni di $CO_2$ pari a 2 milioni di tonnellate/anno al di sotto del caso base.

I casi con ETBE comportano maggiori riduzioni di emissioni di $CO_2$ (ordini di grandezza di gran lunga maggiori rispetto al caso base con etanolo). Le riduzioni di emissioni di $CO_2$ sono legate agli impatti dell'utilizzo di ETBE sulle emissioni $CO_2$ da benzina e raffineria.

© **Copyright by Hart Energia Consulting**

**Tabella IV.5: Riassunto delle emissioni di $CO_2$: casi con etanolo**
*(Migliaia tonnellate/anno)*

| | Base | | Caso Base Etanolo | | Etanolo 2 | Etanolo 4 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Consumo Benzina | 330,400 | | 330,800 | | 330,700 | 330,200 |
| Combustibile Raffineria | 112,200 | | 112,000 | | 111,600 | 111,300 |
| Produzione Idrogeno | 27,900 | | 27,900 | | 28,000 | 27,800 |
| Combustibile Impianti Commerciali | 230 | | 230 | | 230 | 230 |
| Metanolo | 380 | | 210 | | 380 | 0 |
| Altri Impatti $CO_2$ | 1,100 | | 1,100 | | 1,100 | 1,100 |
| Totale | 472,210 | | 472,250 | | 472,010 | 470,630 |
| | | | | | | |
| $CO_2$ vs. Base Case | | | 40 | | -200 | -1,580 |

*Fonte: analisi e risultati modellizzazione Hart*

**Tabella IV.6: Riassunto delle emissioni di $CO_2$: casi con ETBE**
*(Migliaia tonnellate/anno)*

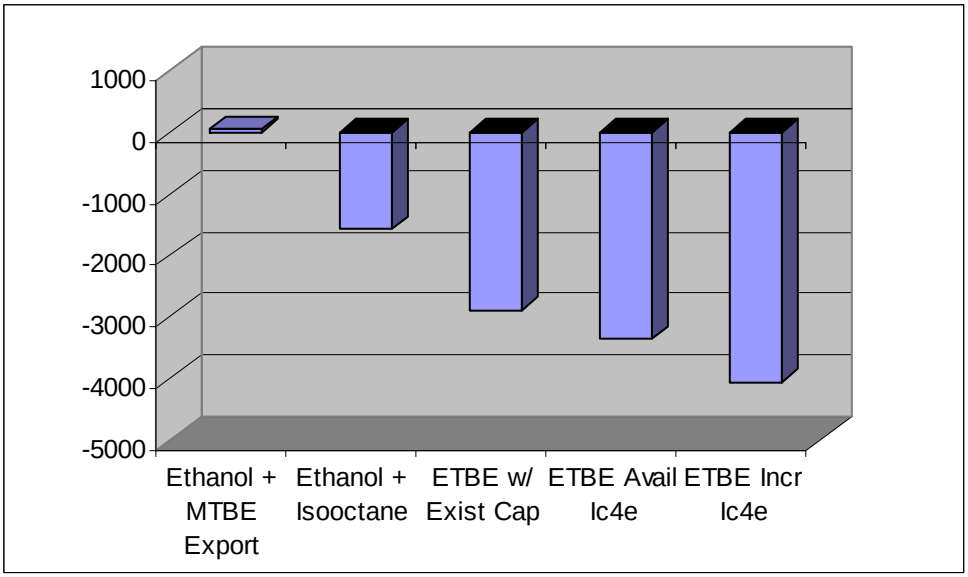
| | Base | | Caso Base ETBE | | ETBE 2 | ETBE 3 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Consumo Benzina | 330,400 | | 327,900 | | 328,900 | 329,400 |
| Combustibile Raffineria | 112,200 | | 109,300 | | 110,200 | 110,600 |
| Produzione Idrogeno | 27,900 | | 28,900 | | 28,500 | 28,100 |
| Combustibile Impianti Commerciali | 230 | | 1,060 | | 250 | 220 |
| Metanolo | 380 | | 0 | | 0 | 0 |
| Altri Impatti $CO_2$ | 1,100 | | 1,000 | | 1,000 | 1,000 |
| Totale | 472,210 | | 468,160 | | 468,850 | 469,320 |
| | | | | | | |
| $CO_2$ vs. Caso Base | | | -4,050 | | -3,360 | -2,890 |

*Fonte: analisi e risultati modellizzazione Hart*

Il grafico IV.1 evidenzia l'impatto delle emissioni di $CO_2$ nei casi con etanolo e ETBE relativamente al caso base. Il grafico fornisce un confronto tra etanolo ed ETBE. Ancora una volta, l'opzione ETBE comporta riduzioni di $CO_2$ molto più elevate, conseguenti alle riduzioni delle emissioni di $CO_2$ da benzina e raffineria.

© **Copyright by Hart Energia Consulting**

**Grafico IV.1: Emissioni $CO_2$ rispetto al caso base con etanolo e i casi con ETBE**
*(Migliaia tonnellate/anno)*




*Source: Hart analysis and Hart Raffineria model output*

© **Copyright by Hart Energia Consulting**

# Appendice 1

Questa appendice fornisce maggiori dettagli sui dati e la metodologia utilizzata per calcolare il contenuto energetico di benzina e altri prodotti, i fattori carbonio e le emissioni di $CO_2$.

## I. Densità relativa a benzina e a componenti della benzina ed energia da combustione

a) Calcolo generale – L'energia da combustione è stata determinata come la media del peso dell'energia da combustione dei singoli componenti (Entalpia di combustione @ 77°F).

Energia da combustione = ∑ci*LHVi
Dove ci è il componente i
LHVi è l'energia da combustione del componente i o la categoria di componenti i (composti aromatici, altri non aromatici/ossigenati)

b) Energia componente – Per composti chimici specifici presenti nella benzina, riportata entalpia di combustione utilizzata. Questi comprendono etanolo, MTBE, butano e benzene. I valori di entalpia dei componenti sono riportati nella tabella A.1

c) Energia ETBE – La fonte di dati per i valori energetici non comprende l'ETBE. L'energia da ETBE è stata stimata sulla base di valori riportati per altri eteri $C_6$. (Notare dai dati sotto riportati che il contenuto di energia dell'MTBE è MJ/kg, che è vicino a quello di altri eteri $C_5$).

d) Energia composti aromatici – Si è presupposto che l'energia dei composti aromatici sia equivalente a una miscela di composti aromatici $C_6$-$C_9$.

e) Altri (non ossigenati, butano, composti aromatici) – Il contenuto di energia regolato sulla base della densità relativa di questa porzione della benzina. La densità relativa è calcolata sulla base della densità relativa della benzina del modello di raffineria e della densità relativa dei composti chimici o gruppi di composti chimici sopra riportati (aromatici). E' stato messo a punto un rapporto di energia sulla base di un database di componenti così come segue (correlazione $R^2$=.996):

$$LHV\ (MJ/L) = 39.347\ (sg) + 3.576$$

f) Energia ETBE – La fonte dati per i valori energetici non comprende ETBE. L'energia ETBE è stata stimata sulla base dei valori riportati per altri eteri $C_6$. (Notare dai dati sotto riportati che il contenuto di energia dell'MTBE è MJ/kg, che è vicino a quello di altri eteri $C_5$).

$$LHV\ (MJ/L) = 39.347\ (sg) + 3.576$$

© **Copyright by Hart Energia Consulting**

**Tabella A.1: Densità relativa componenti ed energia da combustione**

| Componente/Benzina | Gravità specifica[1] (25°) | Energia Combustione[1] | |
|---|---|---|---|
| | | MJ/L | MJ/kg |
| Etanolo | .787 | 21.11 | 26.82 |
| MTBE | .735 | 25.85 | 35.17 |
| ETBE | .742[2] | 26.93[3] | 36.30[3] |
| Butano | .573 | 26.20 | 45.73 |
| Aromatici | .863 | 35.28 | 40.85[3] |
| ***Eteri $C_5$*** | | | |
| Eti Propil Etere | | | 35.40 |
| Metil sec Butil Etere | | | 35.28 |
| Meti isobutil Etere | | | 35.42 |
| ***Eteri $C_6$*** | | | |
| n Butil Etil Etere | | | 36.46 |
| Diisopropil Etere | | | 36.24 |
| di n Propil Etere | | | 36.46 |
| ***Aromatici*** | | | |
| Benzene | | | 40.14 |
| Toluene | | | 40.53 |
| o-Xilene | | | 40.81 |
| m-Xilene | | | 40.81 |
| p-Xilene | | | 40.81 |
| Etil Benzene | | | 40.92 |
| | | | |

*Note:*

[1] *Fonte se non altrimenti specificata: Yows, C.L., Chemical Properties Handbook*
[2] *Stima basata su varie fionti*
[3] *Stima basata su altri Eteri $C_6$*

© **Copyright by Hart Energia Consulting**

## II. Calcolo dei fattori di emissione di $CO_2$ dei prodotti raffinati

a) Calcolo generale – I fattori di emissione $CO_2$ sono stati determinati sulla base del contenuto di carbonio stimato per il singolo prodotto:

$CO_2$ (Tonnellate/Tonnellate combustibile) = CF*(44/12)

Dove CF è la frazione di carbonio nel combustibile in Tonnellate C/Tonnellate combustibile

(44/12) corrisponde alle tonnellate di $CO_2$ prodotta per tonnellate di carbonio

b) Benzina carbon fraction

i. La benzina è stata caratterizzata da una percentuale di butano, una percentuale di benzene, una percentuale di ciascun ossigenato (MTBE, ETBE, etanolo), e di tutti gli altri componenti. Il butano, benzene e ossigenato sono calcolati e riportati dal modello. Il loro contenuto di carbonio sarà determinato direttamente sulla base del contenuto di carbonio del composto chimico.

ii. La benzina rimanente (tutti gli altri componenti) è stata caratterizzati come composti aromatici, Olefinee ed altro. La frazione di carbonio della benzina nel caso base per questa parte della benzina sarà determinata come:

CF = A*.907+O*.857+P*85

Dove A è la frazione di composti aromatici che si presume abbiano una frazione di carbonio media di .905

O è la frazione di Olefinee che si presume abbia una frazione di carbonio media di .857

P è la frazione di paraffina, cicloparaffina ed altri composti che si presume abbiano una frazione di carbonio media di .85

c) Emissioni di $CO_2$ da jet Combustibile e diesel – Le qualità di jet Combustibile e diesel hanno subito una variazione molto lieve tra i diversi casi. Né la densità relativa né il contenuto di composti aromatici hanno subito una variazione sufficiente a quantificare una significativa variazione del controllo di energia.

© **Copyright by Hart Energia Consulting**