



Relazione tecnica comparativa – Consumi e costi operativi di MN Ceresio (Diesel 8V-71 vs Propulsione elettrica)

Introduzione e Contesto

La motonave **Ceresio** è un battello passeggeri della Società Navigazione del Lago di Lugano, sottoposto a un progetto di *retrofit* con conversione da propulsione diesel a propulsione elettrica. In configurazione originaria nel 2021, la MN Ceresio era equipaggiata con un motore diesel Detroit Diesel 8V-71; attualmente è spinta da un motore elettrico alimentato da batterie ricaricabili. L'obiettivo della conversione elettrica è migliorare l'efficienza energetica dell'unità e ridurre l'impatto ambientale delle operazioni di navigazione.

La presente relazione tecnica confronta le prestazioni **prima e dopo il retrofit** della MN Ceresio, focalizzandosi esclusivamente su valori di esercizio alla velocità di crociera di 21,5Km/h (trascurando dunque la diminuzione di velocità durante gli approdi) sulla tratta di servizio **Lugano – Porto Ceresio** (13 km a tratta). Vengono analizzati e ipotizzati in dettaglio i costi operativi associati (per singola tratta, su base annuale e su un orizzonte decennale) e le emissioni di CO₂ in ciascuna configurazione. Inoltre, si discutono le implicazioni ingegneristiche in termini di efficienza e benefici ambientali derivanti dall'adozione della propulsione elettrica.

Metodo di Analisi

Per quantificare i benefici del retrofit, si è adottato un metodo di analisi basato sulle seguenti **assunzioni e dati**:

- **Tratta analizzata:** percorso *Lugano – Porto Ceresio* (andata, 13 km per singola corsa).
- **Configurazione Diesel (pre-retrofit):** motore Detroit Diesel 8V-71; consumo medio **~27 litri** di gasolio per tratta (dato storico rilevato in esercizio 2019-2020).
- **Configurazione Elettrica (post-retrofit):** propulsione elettrica a batterie; consumo medio **~103,2 kWh** di energia elettrica per tratta (dato misurato in prova lago).
- **Costo dell'energia:** prezzo gasolio **1,40 CHF/litro**; prezzo energia elettrica **0,32 CHF/kWh** (valori aggiornati al 2025).
- **Utilizzo annuale:** **~1.000 tratte/anno** sulla linea considerata (ipotesi basata sul piano di esercizio medio del natante).
- **Orizzonte temporale:** **10 anni** di esercizio (circa 10.000 tratte cumulate) per valutare gli effetti a lungo termine.
- **Emissioni CO₂ (diesel):** fattore emissivo medio **2,65 kg CO₂** per ogni litro di gasolio combusto.



- **Emissioni CO₂ (elettrico): 0 kg CO₂** allo scarico (nessuna emissione diretta locale dal motore elettrico).
- **Ambito dei costi:** l'analisi considera solo i costi energetici diretti (acquisto carburante o elettricità). **Non** sono inclusi i costi di manutenzione, manodopera o ammortamento dell'investimento, concentrando il confronto sugli aspetti operativi quotidiani.

Consumi Energetici per Tratta (Diesel vs Elettrico)

Sulla tratta di 13 km considerata, la configurazione diesel tradizionale richiede in media circa **27 litri** di gasolio per completare una corsa. In confronto, la nuova propulsione elettrica consuma circa **103,2 kWh** di energia elettrica per la stessa tratta. Questi valori rappresentano i consumi medi **per singola tratta** in condizioni operative comparabili.

Confronto dei Costi Operativi

Applicando i consumi sopra indicati ai prezzi attuali dell'energia, si ottengono i seguenti **costi operativi** per la MN Ceresio in ciascuna configurazione. La tabella sottostante riepiloga il **costo energetico per tratta** e le proiezioni su base annua e decennale, considerando ~1.000 viaggi all'anno sulla tratta in esame:

| Indicatore di costo | Configurazione Diesel | Configurazione Elettrica | Risparmio |
|--|-------------------------------|--------------------------------------|--|
| Costo per singola tratta (13 km) | ~37,8 CHF (27 L × 1,40 CHF/L) | ~33,0 CHF (103,2 kWh × 0,32 CHF/kWh) | ~4,8 CHF per tratta (circa -13%) |
| Costo operativo annuale (circa 1.000 tratte annue) | ~37.800 CHF/anno | ~33.000 CHF/anno | ~4.800 CHF risparmiati all'anno |
| Costo operativo decennale | ~378.000 CHF | ~330.000 CHF | ~48.000 CHF risparmiati in 10 anni |
| (circa 10.000 tratte in 10 anni) | | | (circa 50.000 CHF totali risparmiati) |

Come evidenziato, il **costo energetico per singola corsa** passa da circa 37–38 CHF in configurazione diesel a circa 33 CHF con la propulsione elettrica, con un **risparmio immediato di ~5 CHF per tratta** (circa **-13%**). Su base annua, assumendo ~1.000 corse, questo si traduce in circa **4.800–5.000 CHF** di minori costi operativi ogni anno. **Proiettando a 10 anni**, il risparmio cumulativo stimato è dell'ordine di **50.000 CHF**, evidenziando un beneficio economico significativo nel lungo periodo a favore della soluzione elettrica.

Si nota che il vantaggio economico per singola tratta, pur moderato in valore assoluto, **diventa rilevante su orizzonti pluriennali**. In aggiunta, va considerato che i prezzi dei carburanti fossili sono storicamente soggetti a volatilità e rialzi nel lungo termine, mentre l'energia elettrica può essere approvvigionata anche da fonti rinnovabili locali con maggiore stabilità di costi; ciò conferisce alla soluzione elettrica un ulteriore **vantaggio strategico** in ottica futura.



Valutazione delle Emissioni di CO₂

Oltre all'aspetto economico, la conversione elettrica offre un miglioramento drastico sul piano delle **emissioni di anidride carbonica (CO₂)** legate all'esercizio della motonave. Utilizzando il fattore emissivo ipotizzato di 2,65 kg CO₂ per litro di gasolio (valore medio standard per un motore diesel), il consumo di circa 27 litri per tratta della configurazione diesel comporta circa **72 kg di CO₂ emessi per ogni corsa**. Su base annua (1.000 tratte) ciò equivale a **circa 72.000 kg** di CO₂, ovvero **72 tonnellate** di CO₂ immesse in atmosfera ogni anno dalla MN Ceresio in versione diesel. In un periodo di 10 anni di esercizio, le emissioni cumulative raggiungerebbero approssimativamente **720 tonnellate di CO₂**.

In **configurazione elettrica**, invece, le **emissioni dirette di CO₂ sono pari a zero** per ogni tratta, poiché il motore elettrico non ha alcuno scarico di gas combusti. Anche sull'arco di un anno o di un decennio, le **emissioni operative locali rimangono nulle**. La tabella seguente confronta sinteticamente le emissioni di CO₂ nelle due configurazioni:

| Emissioni di CO ₂ | Configurazione Diesel | Configurazione Elettrica |
|---|---|---|
| Per singola tratta (13 km) | ~72 kg CO ₂ per corsa | 0 kg CO ₂ (nessuna emissione allo scarico) |
| Emissioni annuali (circa 1.000 tratte annue) | ~72.000 kg CO ₂ /anno (72 tonnellate all'anno) | 0 kg CO ₂ /anno |
| Emissioni decennali (circa 10.000 tratte in 10 anni) | ~720.000 kg CO ₂ in 10 anni (720 tonnellate totali) | 0 kg CO ₂ |

Nota: le emissioni riportate per la configurazione elettrica considerano solo le emissioni *allo scarico* (tailpipe), ovvero quelle rilasciate direttamente dalla nave durante l'esercizio. Eventuali emissioni indirette legate alla produzione dell'energia elettrica non sono contabilizzate in questa sede. Tuttavia, va sottolineato che la rete elettrica svizzera ha un mix energetico a basse emissioni (significativa quota da fonti rinnovabili come idroelettrico), per cui l'energia utilizzata per la ricarica delle batterie della MN Ceresio comporta emissioni complessive molto inferiori rispetto al gasolio. In sintesi, il **passaggio all'elettrico azzerà le emissioni locali di CO₂** e riduce drasticamente l'impronta carbonica del servizio di navigazione sulla tratta considerata.

Efficienza e Benefici Ambientali – Considerazioni Ingegneristiche

Dal punto di vista ingegneristico e ambientale, l'adozione della propulsione elettrica sulla MN Ceresio comporta diversi **vantaggi chiave** rispetto alla precedente configurazione diesel:

- **Emissioni inquinanti locali azzerate:** oltre alla CO₂, un motore diesel emette in atmosfera ossidi di azoto (NO₂), particolato fine (PM10 e PM2.5) e altri inquinanti (SO_x, CO, idrocarburi incombusti) che degradano la qualità dell'aria. Con la propulsione elettrica **non vi sono gas di scarico**; quindi, **taли emissioni nocive sono eliminate** durante l'esercizio. Ciò apporta benefici diretti all'ambiente del lago e alle aree urbane circostanti, migliorando la qualità dell'aria e riducendo l'inquinamento atmosferico locale.



- **Riduzione di rumore e vibrazioni:** i motori elettrici operano in modo molto più silenzioso e con minori vibrazioni rispetto ai motori diesel tradizionali. L'assenza di combustione interna e di parti in movimento come pistoni e assi a gomiti riduce drasticamente il rumore percepito a bordo e nelle vicinanze. Questo migliora il **comfort dei passeggeri** e dell'equipaggio e diminuisce l'impatto acustico della navigazione sull'ambiente.
- **Benefici per l'ecosistema acquatico:** eliminando l'uso del carburante diesel a bordo, si annullano anche i rischi di sversamenti o perdite di carburante/olio in acqua. Ciò contribuisce a preservare la qualità delle acque del lago, evitando contaminazioni da idrocarburi. Inoltre, l'assenza di scarico caldo in acqua evita potenziali impatti termici locali. In generale, la **navigazione elettrica è più pulita** e sicura per l'ecosistema lacustre.
- **Manutenzione semplificata:** un sistema di propulsione elettrica presenta meno parti meccaniche soggette a usura (niente sistemi di iniezione carburante, filtri olio/carburante, turbocompressori, ecc.), il che si traduce in **minori esigenze di manutenzione ordinaria** rispetto al motore diesel. Ad esempio, non sono più necessari cambi d'olio, spurghi di serbatoi o regolazioni periodiche degli organi meccanici del motore termico. Questo può comportare una riduzione dei costi di manutenzione e una maggiore disponibilità del mezzo (meno fermi per guasti o interventi). Bisogna tuttavia tenere conto della gestione del pacco batterie: le batterie hanno un ciclo di vita limitato e **richiedono monitoraggio e sostituzione** dopo alcuni anni, introducendo un nuovo elemento manutentivo. Nonostante ciò, a livello di sistema la semplicità e l'affidabilità del motore elettrico rappresentano un netto miglioramento.

In sintesi, dal punto di vista ingegneristico la conversione elettrica della MN Ceresio ha innalzato l'efficienza di utilizzo dell'energia e **eliminato** le emissioni inquinanti locali, apportando benefici ambientali tangibili. Tali vantaggi si aggiungono al risparmio economico operativo, rafforzando la validità della scelta tecnologica effettuata.



Conclusioni (Valutazione Tecnico-Economica)

L'analisi comparativa condotta conferma che il **retrofit elettrico della MN Ceresio** offre importanti vantaggi sia sul piano tecnico che economico-gestionale dal punto di vista operativo. In esercizio, la nuova propulsione elettrica **riduce il fabbisogno energetico** per tratta rispetto al precedente motore diesel, traducendosi in un **costo energetico inferiore di circa 5 CHF per corsa**. Su larga scala operativa, questo comporta risparmi cumulativi dell'ordine di **50.000 CHF in 10 anni**. Parallelamente, il passaggio all'elettrico **azzerà le emissioni dirette di CO₂** e di altri inquinanti durante la navigazione, in piena coerenza con gli obiettivi di sostenibilità ambientale dell'azienda e con le normative ambientali sempre più stringenti nel settore dei trasporti.

In conclusione, dal punto di vista **tecnico-economico** la conversione elettrica della motonave Ceresio risulta **altamente positiva**. L'incremento di efficienza e i benefici ambientali conseguiti si accompagnano a una riduzione dei costi operativi, migliorando la **sostenibilità complessiva** del servizio di navigazione. Questa esperienza di retrofit può quindi essere considerata un successo e un riferimento per future scelte strategiche della Società, evidenziando come l'innovazione tecnologica orientata alla sostenibilità possa generare valore sia ambientale che economico nel medio-lungo termine.

Lugano, 28 marzo 2025

Dr.Ing. Marco Tricarico

Responsabile Area Tecnica