



REGIONE CALABRIA

COMUNE DI TROPEA

PROVINCIA DI VIBO VALENTIA



P.O.R. Calabria FERS - FSE 2014/2020. Asse prioritario 7 - Obiettivo specifico 7.2 - Azione 7.2.2.

Potenziamento, riqualificazione e messa in sicurezza del porto di Tropea

PROGETTO DEFINITIVO

ELAB.	TITOLO
A.2.1	RELAZIONE TECNICA IMPIANTO DI RICIRCOLO
SCALA	

Progettazione, Direzione dei lavori e geologia

Il Responsabile Unico del Procedimento

R.T.P. **TEC MED S.r.l.**



Arch. Gabriele CRISAFIO

Tec Med s.r.l.

Ing. Stefano Ponti
Ing. Giovanni Oggiano
Ing. Maurizio Sassu



E3 società cooperativa

Ing. Giuseppe Maradei
dott.ssa Paola Angela Basta



Consultec società cooperativa

Ing. Omero Bassola
Ing. Marco Consola



Ing. Rosario Bruzzaniti



Ing. Francesco Bagnato

Arch. Maria Carmela Giuditta



Responsabile della sicurezza: Ing. Rosario Bruzzaniti

INDICE

1	Descrizione delle problematiche in oggetto	2
2	La descrizione del lay-out progettuale.....	3
3	Il funzionamento idraulico del sistema di ricircolo	6
4	Il calcolo idraulico della condotta	7
5	La scelta della tipologia di pompa.....	8
6	Considerazioni circa il costo di funzionamento e la manutenzione	9

1 Descrizione delle problematiche in oggetto

Una delle problematiche delle acque interne del porto di Tropea, comune a tutti i porti turistici con conformazioni simili, è quella della scarsa circolazione dell'acqua, con la formazione di aree a basso tenore di ossigeno disciolto e, di conseguenza, con l'eventualità che si creino condizioni anossiche che portano allo sviluppo di cattivi odori e di torbidità delle acque.

Il problema si verifica tipicamente durante l'estate, a causa della maggiore temperatura, ma potrebbe manifestarsi anche nei primissimi mesi autunnali, in giornate particolarmente calde e in presenza di condizioni di calma meteorologica che comportano condizioni di acqua praticamente ferma.

In particolare, con riferimento a quanto riportato nella Figura 1, è la zona evidenziata con la cornice rossa che, durante il periodo estivo e le prime settimane dell'autunno, può patire i problemi di qualità delle acque legati alla scarsa circolazione.



Figura 1: il porto turistico di Tropea – vista dall'alto.

Il problema era già noto ai tempi della costruzione dell'infrastruttura tant'è che, come indicato in Figura 2, venne realizzato un canale in calcestruzzo armato che passa sotto il piazzale portuale e sotto il muro paraonde il quale, in passato, connetteva idraulicamente il porto con la zona di mare sottoflutto.

La successiva formazione della spiaggia nel sottoflutto ha ostruito lo sbocco nel canale nelle acque esterne e quindi, nello stato attuale, non esiste alcuna possibilità di ricircolo delle acque.

Per quanto il progetto originario avesse tenuto conto dell'esigenza di realizzare un "by-pass" per la circolazione delle acque, l'esperienza accumulata nella gestione di molte strutture diportistiche simili, per conformazione, a quella di Tropea ha insegnato che la sola presenza di un canale non garantisce

il gradiente di velocità necessario a consentire un sufficientemente rapido scambio di acqua con l'esterno.

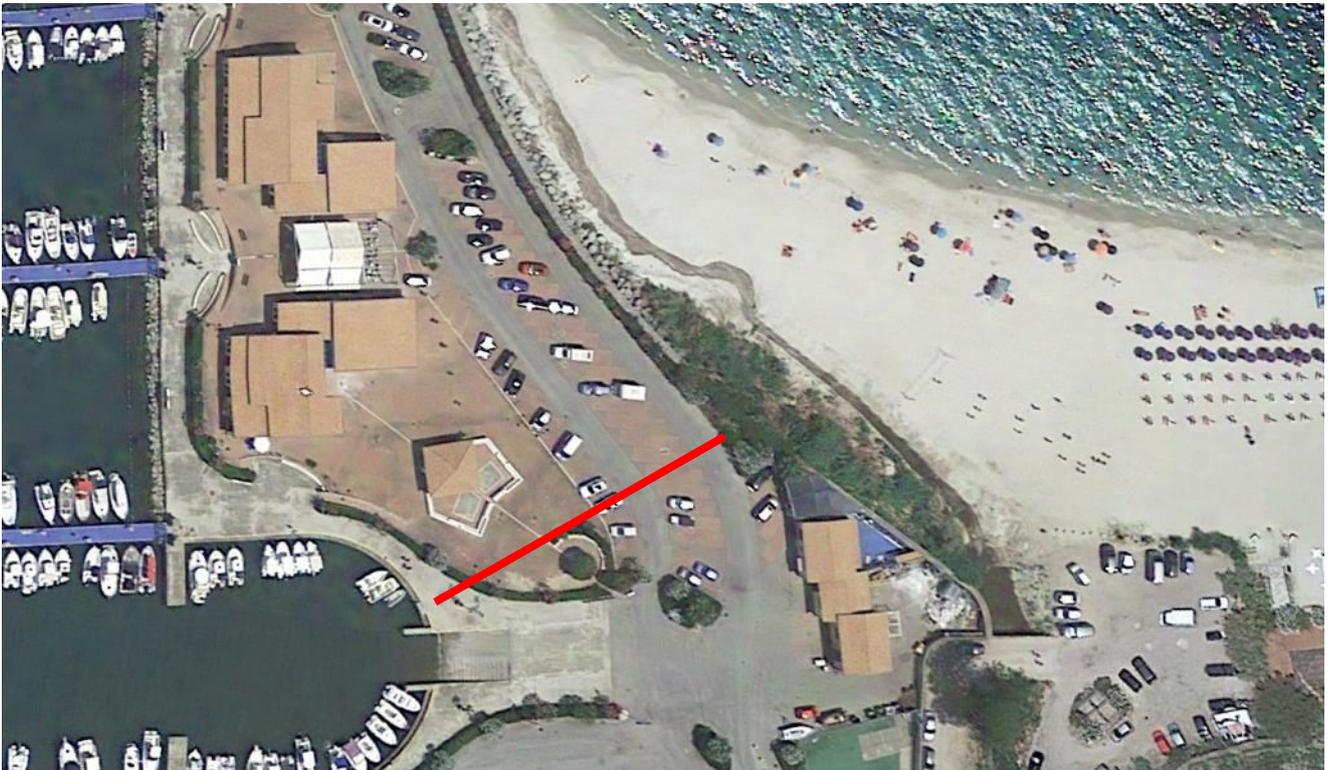


Figura 2: Schema planimetrico dell'esistente canale di ricircolo

Al fine di garantire il ricircolo delle acque è stata prevista l'istallazione di una condotta che pesca acqua vicino all'imboccatura e la porta all'imbocco del canale esistente dove, una particolare pompa idrovora utilizzata in altre situazioni simili caratterizzate dall'esigenza di avere portate consistenti con bassa prevalenza, consente di riversare all'interno del bacino portuale una quantità d'acqua sufficiente a generare un ricambio idrico efficace.

Considerando, infatti, un volume complessivo dell'acqua interna al porto (esclusa la zona dell'imboccatura) pari a circa 150000 m³, una pompa idrovora in grado di immettere 1 m³/s di acque esterne consente di avere un ricambio totale delle acque portuali ogni 42 ore (poco meno di due giorni).

Il sistema di circolazione forzata potrà essere utilizzato solo nei periodi di effettiva necessità, quindi d'estate e all'inizio dell'autunno, garantendo una gestione oculata dei consumi energetici necessari al funzionamento del sistema, che sono già ottimizzati per la scelta della tipologia di idrovora indicata in progetto.

2 La descrizione del lay-out progettuale

Al fine di raggiungere l'obiettivo richiesto, ovvero di consentire un ricambio totale delle acque portuali almeno una volta ogni due giorni, è stato progettato un sistema di ricircolo che prevede i seguenti interventi:

- 1) la pulizia interna dell'esistente canale di ricircolo, attualmente insabbiato;

2) l'integrazione, al canale, di un nuovo sistema di ricircolo costituito da:

- a. una condotta in PeaD, DN1000, PN6, della lunghezza di 151 m (Figura 3), che parte dai pressi dell'imboccatura del porto, ad una profondità di 5.5 m, opportunamente zavorrata sul fondo con il varo di gabbionate di lunghezza 5 m, larghezza 1 m e spessore 50 cm come rappresentato in Figura 4, Figura 5, Figura 6;
- b. un pozzetto di ricircolo, rappresentato in Figura 7 e Figura 8, ubicato nei pressi del muro paraonde esistente, in corrispondenza dello sbocco dell'esistente canale ora ostruito, costituito da due camere: la prima che accoglie la portata dalla condotta descritta al punto precedente e che accoglie l'idrovora necessaria al superamento della prevalenza che permette l'ingresso del deflusso desiderato, pari $1 \text{ m}^3/\text{s}$, nel porto; la seconda che accoglie la tubazione di acciaio necessaria per il convogliamento dell'acqua all'interno dell'esistente canale di ricircolo.



Figura 3: Planimetria della condotta di ricircolo di progetto

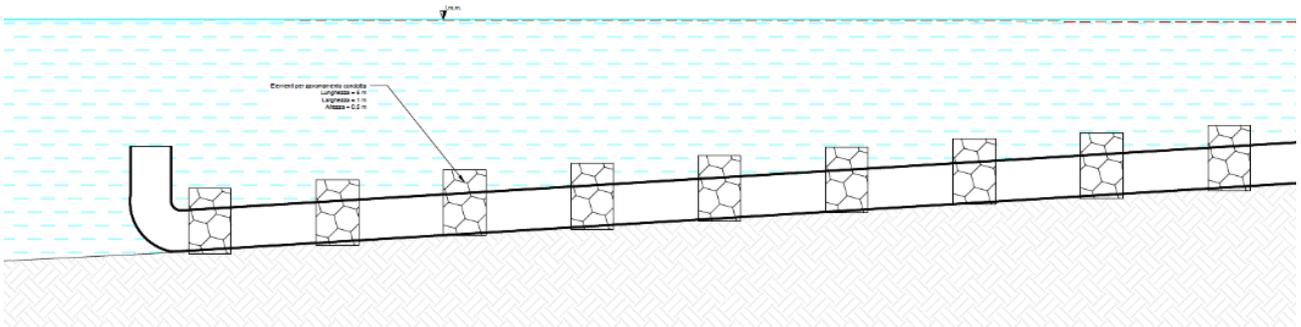


Figura 4: Particolare dell'imboccatura del canale di ricircolo.



Figura 5: Particolare della posa delle gabbionate di zavorramento.

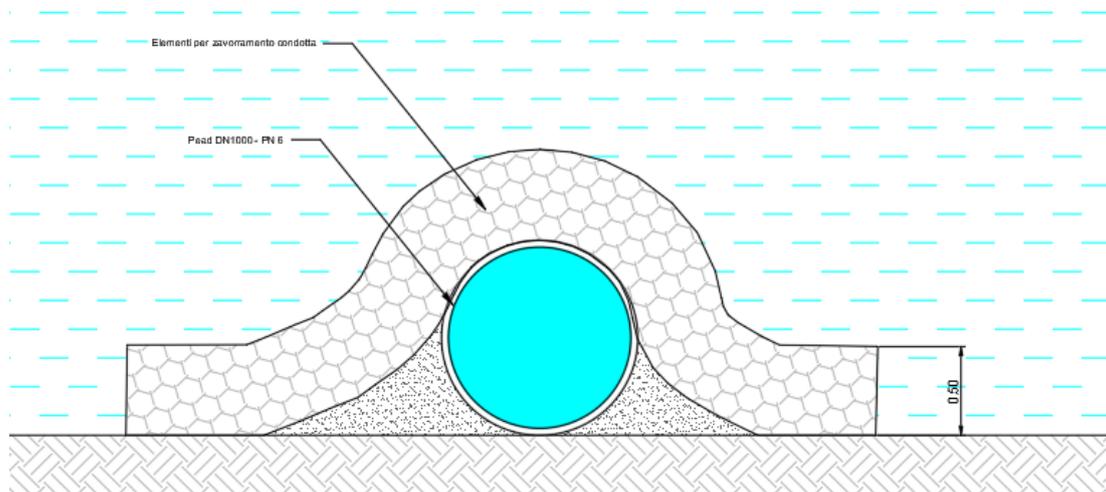


Figura 6: Particolare della posa della gabbionata per lo zavorramento della condotta.

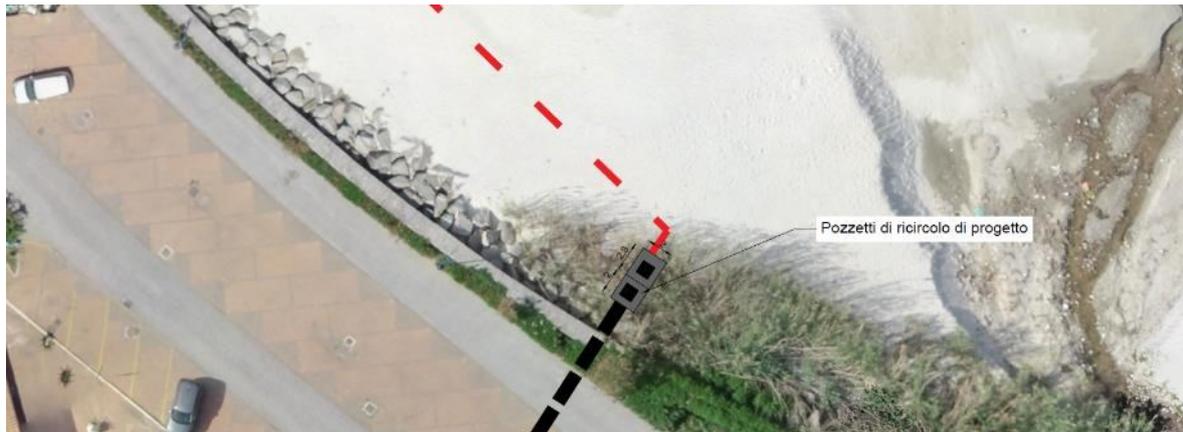


Figura 7: Ubicazione planimetrica dei pozzetti di ricircolo.

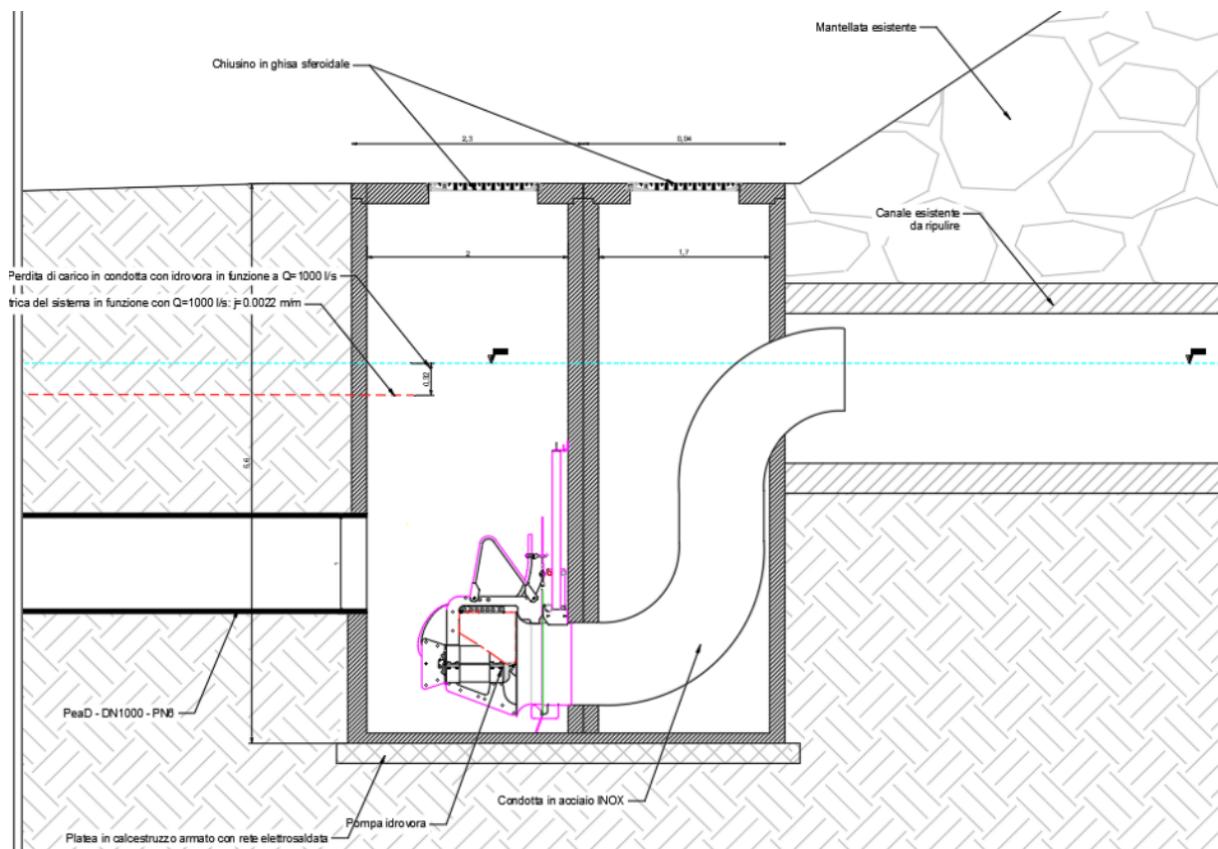


Figura 8: Pozzetti di ricircolo di progetto – sezione trasversale.

3 Il funzionamento idraulico del sistema di ricircolo

Il sistema di ricircolo così concepito è utile, come già descritto in precedenza, per quelle situazioni in cui il debole ricambio idrico e l'elevato valore della temperatura delle acque, determinano le condizioni critiche per l'instaurarsi dei fenomeni di eutrofizzazione e successiva degradazione delle qualità idrica, con possibile insorgenza di cattivi odori.

L'acqua prelevata dalla parte esterna del porto favorirà la riduzione di questo problema, movimentando i volumi interni per effetto della creazione di una debolissima, ma efficace, cadente idrica con l'imboccatura del porto, da cui le acque di ricircolo usciranno.

Il funzionamento idraulico del sistema è il seguente:

- 1) l'acqua entra all'interno della condotta e per il principio dei vasi comunicanti riempie la prima camera del pozzetto di ricircolo, fino alla quota del livello medio del mare; quando la pompa non è attiva il sistema è totalmente fermo e non si ha ricambio di acqua;
- 2) quando la pompa inizia a funzionare secondo le caratteristiche desiderate, cioè con il pompaggio di $1 \text{ m}^3/\text{s}$, il livello idrico all'interno del pozzetto si riduce; la differenza di carico idraulico fra l'imbocco della condotta e la prima camera del pozzetto di ricircolo induce il moto dell'acqua all'interno della condotta, con una portata proporzionale alla differenza di carico idraulico che si instaura;
- 3) durante il funzionamento della pompa l'acqua prelevata dall'esterno del porto penetra all'interno del canale di ricircolo e, da questo, all'interno del porto in modo da permettere il progressivo ricambio delle acque interne in circa due giorni.

4 Il calcolo idraulico della condotta

Al fine di garantire il funzionamento idraulico precedentemente descritto è stato necessario dimensionare opportunamente la condotta, affinché sia bilanciata la perdita di carico necessaria al transito della portata di pompaggio, di $1 \text{ m}^3/\text{s}$, rispetto alla differenza piezometrica che deve essere superata dall'impianto di sollevamento per consentire il transito del medesimo deflusso richiesto.

La ricerca del valore ottimo del diametro della condotta, quindi, è stato un processo iterativo collegato con la tipologia della pompa, che è stata scelta in base alle curve caratteristiche di funzionamento che legano la portata alla prevalenza.

Alla fine del processo iterativo di calcolo è stata scelta una condotta con diametro esterno di 1 m e diametro interno di 923.6 mm, in PeaD.

La verifica idraulica è stata condotta con la formula di Pezzoli di calcolo della cadente J , noto il diametro D (m) della condotta, la portata richiesta Q (m^3/s) e la scabrezza ε (m) della condotta:

$$J = \frac{2}{\pi^2} \frac{Q^2}{gD^5} \frac{1}{\log^2 \left[\frac{\varepsilon}{3.715D} + 3.615 \left(\frac{Dv}{Q} \right)^{7/8} \right]}$$

dove si è indicato con ν (m^2/s) la viscosità cinematica dell'acqua, posta usualmente pari a 10^{-6} .

Per le materie plastiche la letteratura prevede un valore di ε compreso fra 0 e 0.02 mm.

Considerando la scabrezza massima, pari a 0.02 mm si ottiene un valore di J pari a 0.001449 che moltiplicato per 151 m comporta una perdita di carico totale pari a 0.22 m.

La velocità in condotta è pari a $Q/A=1.49 \text{ m/s}$.

Note le caratteristiche della velocità sono state calcolate le perdite di carico concentrate per imbocco, sbocco e curva, pari a

$$k \frac{u^2}{2g} = 0.22 \text{ m},$$

con il coefficiente k uguale a 2 per tenere conto delle perdite localizzate all'imbocco, allo sbocco e nella curva prevista lungo il tracciato della condotta per il collegamento al pozzetto dell'idrovora.

Le perdite complessive DH_{tot} sono quindi pari a 0.44 m e la piezometrica effettiva, di conseguenza, sarà

$$J_{eff}=DH_{tot}/L=0.002963.$$

5 La scelta della tipologia di pompa

Sul mercato non sono disponibili un numero elevato di pompe aventi la caratteristica di consentire il sollevamento di portate elevate con basse prevalenze.

La prevalenza complessiva da superare, somma della perdita di carico precedentemente calcolata più le perdite di funzionamento proprie della pompa arriva a circa 1 m.

Tenendo conto del fatto che la pompa dovrà funzionare in ambiente altamente aggressivo quale quello marino è necessario che il materiale sia compatibile con l'ambiente di funzionamento e, quindi, si è optato per l'acciaio inox.

Le caratteristiche della pompa sono le seguenti:

- pompa assiale con girante ad elica a 3 pale, con diametro di 776 mm direttamente accoppiata al motore elettrico;
- Portata: 1180,00 l/s;
- Prevalenza: 1,00 m;
- Rendimento idraulico: 60,0%;
- Velocità di rotazione dell'elica: 365 giri/m;
- Motore elettrico, asincrono trifase, con rotore a gabbia, 400 Volt, 50 Hz, 16 poli;
- Isolamento/protezione: classe H (+180 °C) / IP 68;
- Potenza nominale: 25,0 kW;
- Corrente nominale: 80,0 A;
- Avviamento: diretto;
- Raffreddamento: dal liquido pompato;
- Materiali:
 - Elica: acciaio inox AISI 316;
 - Flangia di mandata: acciaio inox;
 - Slitta scorrevole: acciaio inox;
 - Albero: acciaio inox AISI 420;
 - Carcassa motore: acciaio inox AISI 316;
 - Guida di scorrimento: acciaio inox;
- Tenuta meccanica esterna: WCCR / WCCR;
- Tenuta meccanica interna: WCCR / WCCR;
- Cavo elettrico sommergibile;
 - di potenza sezione 4g25 mm;
 - ausiliario sezione 2g0,5 mm;
- Accessori di accoppiamento e di installazione:
 - Supporto inferiore tubi guida;
 - Flangia di accoppiamento;
 - Supporto superiore e tubi guida;
 - 2 anelli OR (forniti sciolti);

- Tronchetto di mandata/accoppiamento in acciaio inox.

6 Considerazioni circa il costo di funzionamento e la manutenzione

Una pompa di queste caratteristiche ha, chiaramente, un costo energetico di funzionamento non trascurabile.

Il consumo della pompa sarà pari a circa 25 kWh: questo vuol dire che, considerando un funzionamento continuo per 120 giorni nel periodo estivo, si verificherà un consumo totale pari a 72000 kWh, corrispondente a un costo economico complessivo dell'ordine di grandezza di 10000 € complessivi, considerando anche i costi di manutenzione per le attività descritte nel seguito.

Una macchina di questo tipo, comunque, preferisce un funzionamento continuo per lunghi periodi di tempo piuttosto che frequenti accensioni/spegnimenti. Per questo motivo si consiglia di accenderla nei primi mesi di giugno e spegnerla, poi, direttamente alla fine di settembre.

Per quanto riguarda la manutenzione, è consigliato che, una volta spenta, la pompa sia messa a secco, ripulita accuratamente con acqua dolce in modo da eliminare ogni tipo di residuo di sale e sia portata a revisione prima di essere rimessa in funzione.

La stagionalità di utilizzo consente, agevolmente, di rispettare queste condizioni di utilizzo e di manutenzione che possono garantire l'efficienza per un lungo periodo di tempo.