

# **Impianti a fune per trasporto persone e materiali**

Evoluzione, elementi costitutivi,  
progettazione ed esercizio

Bruno DALLA CHIARA  
Dario ALBERTO  
Giuliano ZANNOTTI

**Collana**

**ITI INGEGNERIA DEI TRASPORTI**

**egaf**

**EGAF EDIZIONI srl**

Via F. Guarini 2 • 47121 Forlì (FC)  
Tel. 0543/473347 - Fax 0543/474133  
gruppo@egaf.it  
www.egaf.it

© 2022 Egaf Edizioni srl  
Proprietà letteraria riservata.  
Vietata la riproduzione, la memorizzazione  
o la trasmissione, anche parziale.

**Prima edizione** - novembre 2022  
ISBN 978-88-352-1326-0

Egaf Edizioni srl e gli Autori,  
pur assicurando la massima attenzione  
nella redazione dei testi, non rispondono  
di eventuali danni causati dall'uso  
del loro contenuto.

Saranno gradite le segnalazioni  
che i lettori vorranno inviarci,  
di cui si terrà conto  
per le prossime edizioni.

Gli scritti riflettono esclusivamente  
le opinioni degli Autori e non impegnano  
in alcun modo gli Enti  
di cui essi siano dipendenti.

Finito di stampare  
nel novembre 2022  
presso la tipografia  
LegoDigit srl  
Lavis (TN)



**Aggiornamenti gratuiti**  
fino alla nuova edizione  
registrandosi su [www.egaf.it](http://www.egaf.it)  
Sezione Aggiornamenti  
(codice libro 13260)

## Collana

### INGENNERIA DEI TRASPORTI

*Direttore scientifico* Giovanni Corona

*Comitato scientifico* Giorgio Callegari, Agostino Cappelli,  
Ezio Castagna, Giovanni Corona,  
Bruno Dalla Chiara, Romeo Danielis,  
Demetrio Carmine Festa,  
Maria Annunziata Giaconia, Felice Giuliani,  
Daniele Giusto, Matteo Ignaccolo,  
Domenico Inaudi, Luigi La Franca,  
Roberto Maja, Gabriele Malavasi,  
Giulio Maternini, Vito Mauro, Stefano Ricci,  
Gian Paolo Ritossa, Giuseppe Salvo,  
Maurizio Tira, Benedetto Barabino,  
Fabio Borghetti, Claudia Caballini

# Collana

## INGENGERIA DEI TRASPORTI

### **PREFAZIONE DEL DIRETTORE SCIENTIFICO DELLA COLLANA**

La collana "Ingegneria dei trasporti", è quasi una fotografia di ciò che i trasporti sono al giorno d'oggi e delle tendenze evolutive in essere.

Una collana che intende fornire un quadro aggiornato sugli sviluppi tecnologici, sulle possibilità applicative, sui sistemi organizzativi e gestionali, sulle possibilità di interventi infrastrutturali e su metodi e criteri di dimensionamento e verifica nell'ampio e differenziato settore dei trasporti.

Il progetto è scaturito dall'incontro di numerosi docenti e ricercatori di Trasporti di molte università italiane, prevalentemente delle Facoltà d'ingegneria (ora ex Facoltà), che si riunirono a Venezia nel 2005, da cui "Gruppo Venezia". I docenti e i ricercatori iniziarono a discutere sulle trasformazioni, intervenute nel tempo, del fenomeno del trasporto e, conseguentemente, della disciplina dei trasporti. In particolare il dibattito si accentrò sull'oggetto dell'insegnamento e della ricerca - molto differenziato tra le diverse facoltà - e ancora sul ruolo della docenza dei trasporti sia in ambito accademico, sia in ambito esterno: mondo delle professioni, della pubblica amministrazione, della produzione e dei servizi.

Da tutti questi contatti, in presenza e a distanza, personali e collegiali, è alla fine scaturita l'idea di realizzare la collana Ingegneria dei trasporti, con particolare enfasi sulla trattazione delle innovazioni tecnologiche, ma anche affrontando il tema di gestione ed esercizio dei sistemi.

La collana si è potuta realizzare per la disponibilità e la lungimiranza delle edizioni EGAF, e in particolare del dott. Bandini, al quale andranno sempre i più sentiti ringraziamenti.

Potrebbe sembrare anacronistica l'esigenza di voler procedere ad una trattazione sistematica dell'ingegneria dei trasporti, suddivisa per grandi temi - trasporti ferroviari, trasporti stradali, ITS, trasporto pubblico locale, ecc., - in quanto allo stato attuale è facilmente consultabile la letteratura specialistica su qualunque argomento anche di grande dettaglio.

Proprio l'estrema parcellizzazione delle conoscenze, sia nel settore tecnologico sia in quello gestionale, spesso rende difficile affrontare problematiche che richiedono conoscenze più ampie di quelle puramente settoriali, ed ancora risulta molto oneroso anche per lo studioso, così come per il professionista, per il tecnico dell'amministrazione o dell'azienda e per lo studente, addentrarsi in campi molto specialistici.

Lo sforzo di quest'opera è proprio quello di produrre delle esposizioni di argomenti anche specialistici inquadrati però in un quadro conoscitivo generale e indirizzando i lettori, che ne avessero la necessità, verso gli studi, i testi, le realtà conoscitive di maggiore dettaglio.

Per quanto riguarda l'attività editoriale della collana fino ad ora, si sono pubblicati tra il 2013 e il 2022 i seguenti dodici volumi, che hanno trattato numerosi e importanti argomenti su molteplici settori dei trasporti:

ITS nei trasporti stradali,	Bruno Dalla Chiara	2013
Ingegneria dei sistemi ferroviari	Stefano Ricci	2013
Trasporti e città	Giulio Maternini	2014
Trasporto pubblico locale	Giovanni Corona Demetrio Carmine Festa	2015
Sistemi di trasporto intermodali	Bruno Dalla Chiara	2015
Trasporti terrestri ed energia	Bruno Dalla Chiara Giovanni Pedè	2017
Trasporto aereo	Luigi La Franca Giuseppe Salvo	2018
Ingegneria dei trasporti navali	Stefano Ricci Gian Paolo Ritossa	2019
Sicurezza dei trasporti	Gabriele Malavasi	2019
Trasporti e ambiente	Stefano Ricci	2022
Sistemi di trasporto pubblico locale	Giovanni Corona Demetrio Carmine Festa	2022
Impianti a fune per trasporto persone e materiali	Bruno Dalla Chiara Dario Alberto Giuliano Zannotti	2022
<b>Sono inoltre in fase di preparazione</b>		
Trasporti ed economia	Agostino Cappelli Giovanni Corona Romeo Danielis	
Gestione delle relazioni tra aziende ed utenti	Giovanni Corona Demetrio Carmine Festa	
Governance e qualità del servizio nel TPL	Benedetto Barabino Gabriella Mazzulla	
Infrastrutture e mobilità in ambito urbano	Felice Giuliani Giulio Maternini	

Oltre all'attività editoriale tradizionale con libri su carta è allo studio l'approntamento di uno specifico "portale" su Internet, strumento più adatto ai tempi, per consentire un raccordo più dinamico con il mondo della formazione e soprattutto con gli studenti.

## PREFAZIONE DELL'EDITORE

Egaf entra nel mondo universitario in punta di piedi, nel 2002, grazie a una collaborazione con la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Brescia, per **corsi annuali sulle tematiche delle strade e dei trasporti; per ciascun corso viene predisposta una specifica pubblicazione** con il contributo dei vari relatori.

Questo rapporto, molto stimolante anche dal punto di vista umano, grazie alle squisite persone di riferimento, ha consentito a Egaf di conoscere e farsi conoscere da numerosi docenti del settore delle principali università italiane.

Da questa conoscenza e dalla stima reciproca ha origine il salto di qualità costituito dal progetto della **Collana Ingegneria dei trasporti**, che ha inizio nel 2013, per disegnare un quadro aggiornato su sviluppi tecnologici, possibilità applicative, sistemi organizzativi e gestionali, interventi infrastrutturali e criteri di verifica nell'ampio e differenziato settore dei trasporti.

La collana, illustrata a parte dal Direttore scientifico, ha lo scopo di saldare le conoscenze scientifiche, proprie dell'ambito universitario, con le esigenze di approfondimento del mondo imprenditoriale e di management del settore, sia privato sia pubblico e in ciò risiede il senso del coinvolgimento di Egaf, che storicamente si rivolge al mondo professionale.

Al professor Corona va in particolare la riconoscenza e il merito della perseveranza, oltre la cura e la dedizione, per essere riuscito a coordinare i docenti e gli esperti nel proseguimento dell'attività editoriale e delle ulteriori iniziative nell'ambito della formazione universitaria, della pubblica amministrazione e dell'ambito professionale.

# **Impianti a fune per trasporto persone e materiali**

Evoluzione, elementi costitutivi,  
progettazione ed esercizio

Bruno DALLA CHIARA  
Dario ALBERTO  
Giuliano ZANNOTTI

**egaf**

## **NOTE BIOGRAFICHE**

### **Bruno DALLA CHIARA**

Professore ordinario di Trasporti, Politecnico di Torino, Dip. DIATI (Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture)

### **Dario ALBERTO**

Ingegnere libero professionista, Direttore d'Esercizio di impianti a fune

### **Giuliano ZANNOTTI**

Già Project manager e responsabile mondiale Service impianti speciali



## SOMMARIO

### ■ A GENERALITÀ ED ELEMENTI COSTITUTIVI

- A1 Excursus storico sugli impianti a fune
- A2 Terminologia e classificazione degli impianti a fune
- A3 Normativa tecnica e amministrativa di riferimento
- A4 Elementi costitutivi degli impianti

### ■ B PROGETTAZIONE

- B1 Configurazione delle funi in opera
- B2 Calcolo delle funi di trazione e degli sforzi motori
- B3 Analisi dei carichi, potenzialità di trasporto e dimensionamento degli impianti
- B4 Esempi di calcolo
- B5 Impianti per il trasporto pubblico di persone
- B6 Teleferiche per il trasporto di merci

### ■ C GESTIONE ED ESERCIZIO

- C1 Il direttore d'esercizio
- C2 Il regolamento di esercizio
- C3 Verifiche e prove periodiche
- C4 Vita tecnica e revisioni periodiche
- C5 Verifiche delle funi e loro durata in esercizio
- C6 Soccorso in linea
- C7 Il manuale di manutenzione
- C8 La gestione degli impianti nelle stazioni invernali

### ■ D IMPIANTI FISSI - NORMATIVA EUROPEA E ITALIANA

- D1 Premessa
- D2 Legislazione europea
- D3 Legislazione nazionale

### ■ E APPENDICE: TRASPORTO AEREO DEI MATERIALI MEDIANTE FUNI

- E1 La nascita delle teleferiche
- E2 Le esperienze durante la prima guerra mondiale
- E3 Le teleferiche trasportabili o smontabili
- E4 Il "sistema inglese" e il "sistema tedesco"
- E5 Il palorcio e le sue origini
- E6 La teleferica monofune e le sue origini
- E7 La teleferica bifune e le sue origini
- E8 Gli altri elementi che costituiscono gli impianti aerei per il trasporto di merci
- E9 Come trasformare un semplice palorcio in una piccola teleferica



## PREMESSA DEI CURATORI DEL VOLUME

### A) OBIETTIVI

Scopo del presente volume è illustrare gli elementi costitutivi, i criteri progettuali e le modalità di esercizio degli impianti a fune sulla base delle esigenze di trasporto di persone e materiali, raramente chiamati "merci" in questo contesto diversamente da altri ambiti dei trasporti.

Dopo avere fornito un breve *excursus* storico sugli impianti a fune, si analizzano terminologia e caratteristiche delle varie componenti, si forniscono i criteri e le indicazioni analitiche per la progettazione dei sistemi di trasporto a fune, per poi trattare principi e modalità di gestione degli impianti in servizio pubblico, inclusi quelli urbani; nella parte terminale del volume viene richiamata la principale normativa vigente in materia.

Il testo costituisce quindi un ausilio per la progettazione e l'esercizio delle varie tipologie d'impianti a fune, ad ammorsamento fisso o automatico, a movimento continuo o intermittente: sciovie, seggiovie, cabinovie, funivie, teleferiche ed APM (*Automated People Mover*) con trazione a fune.

Per quanto riguarda gli aspetti di calcolo, si rimanda all'utilizzo del programma SIF (Software Impianti a fune)/CDP (*Cableway Design Package*) e relativo manuale.

### B) CONTRIBUTI

Per la redazione del testo si sono poste le basi sul volume del quale sono stati autori il prof. Adelmo Crotti, l'ing. Dario Alberto e il prof. Bruno Dalla Chiara, pubblicato dalla casa editrice Mario Gros, poi unitasi in AGIT-Mario Gros. Oltre a un profondo riesame e aggiornamento dei contenuti, sono stati aggiunti sostanziali contributi inerenti a temi non precedentemente trattati, grazie anche al supporto di ingegneri specialisti della materia, indicati negli autori.

Per la revisione generale del testo hanno collaborato l'Ing. Mauro Affatato e l'Ing. Emanuela Bisceglia.

Al prof. Crotti va un nostro cordiale ricordo: la passione per il lavoro e per gli impianti a fune l'hanno accompagnato fino agli ultimi momenti della sua vita terrena, conclusasi improvvisamente a febbraio 2022.

### C) DESTINATARI DEL TESTO

Il testo è indirizzato ai docenti e agli studenti dei corsi di formazione professionale, di laurea magistrale in Ingegneria (tipicamente Meccanica e Civile), di Master e di Dottorato di Ricerca - che si occupano di progettazione, esercizio e gestione di sistemi di trasporto ad impianto fisso.

Esso è in particolare destinato a tutti coloro che si occupano della progettazione, collaudo, manutenzione e gestione degli impianti a fune, per applicazioni montane, collinari ed urbane.

### D) RIFERIMENTI DEGLI AUTORI

La presente edizione del testo è stata curata dal professor Bruno Dalla Chiara, docente di "Sistemi di trasporto ferroviario, metropolitano e a fune" presso Ingegneria, Politecnico di Torino con il fondamentale affiancamento dell'ing. Giuliano Zannotti e dell'ing. Dario Alberto.

Il § 1.2.5 ("*Impianti destinati al trasporto pubblico urbano con trazione a fune (cable-driven Automated People Mover / APM)*") è stato redatto con l'ausilio dell'ing.

Mauro Affatato, ingegnere meccanico, orientamento Trasporti.

Il § 1.4.2.1 ("*Organi di collegamento*") è stato redatto con l'ausilio dell'ing. Luigi Tironi, ingegnere meccanico, orientamento Trasporti.

Per la revisione dell'intero volume ha collaborato l'ing. Emanuela Bisceglia (2016/2017), ingegnere meccanico, orientamento Trasporti.

*Gli autori ed i coadiutori sono lieti di prendere in considerazione, per le rispettive competenze, ogni utile indicazione che i lettori vorranno segnalare all'indirizzo di posta elettronica: [bruno.dallachiar@polito.it](mailto:bruno.dallachiar@polito.it).*