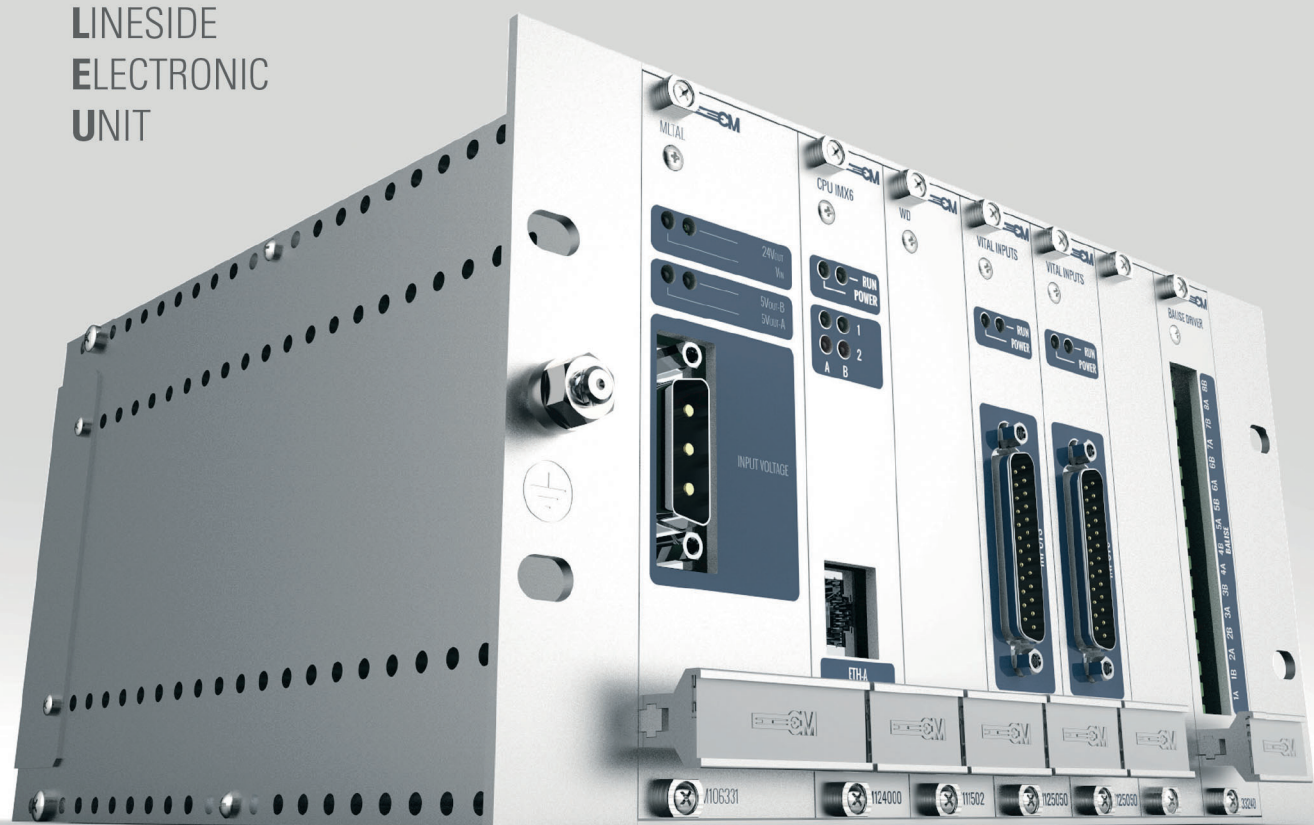


ETCS

LINESIDE
ELECTRONIC
UNIT

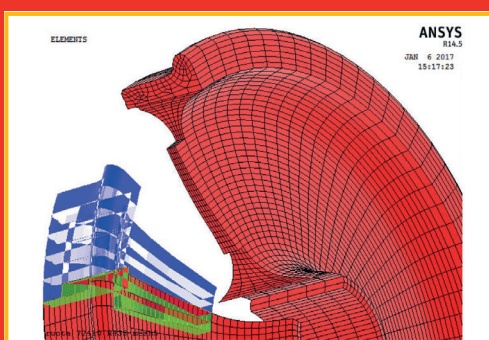


Part of the Signal Division of
Progress Rail, a Caterpillar Company

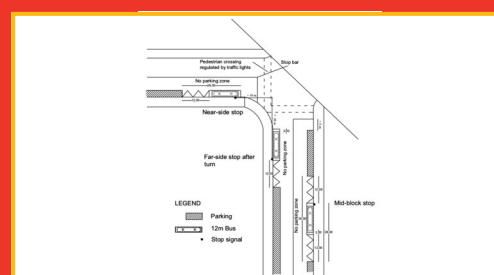
www.ecmre.com



In questo numero
In this issue



Sale montate intelligenti
Intelligent Wheelsets



Trasporto collettivo e regolamento
viario urbano
*Collective transport and urban
road regulation*



I SOCI COLLETTIVI DEL COLLEGIO INGEGNERI FERROVIARI ITALIANI

A.M.T. – GENOVA	H.T.C. S.r.l. – LEINI (TO)
A.N.M. S.p.A. – AZIENDA NAPOLETANA MOBILITÀ – NAPOLI	HITACHI RAIL S.p.A. – NAPOLI
A.T.M. S.p.A. – MILANO	HITACHI RAIL STS S.p.A. – GENOVA
ABB S.p.A. – GENOVA	HUPAC S.p.A. – BUSTO ARSIZIO (VA)
ALSTOM FERROVIARIA S.p.A. – SAVIGLIANO (CN)	I.Ce.P. S.p.A. – BUCCINO (SA)
ANIAF – ASSOCIAZIONE NAZIONALE IMPRESE ARMAMENTO FERROVIARIO – ROMA	IMATEQ ITALIA S.r.l. – RIVALTA SCRIVIA (AL)
ANSF – AGENZIA NAZIONALE PER LA SICUREZZA DELLE FERROVIE – FIRENZE	IMPRESA SILVIO PIEROBON S.r.l. – BELLUNO
ARMAFER S.r.l. – LECCE	INFRASTRUTTURE VENETE S.r.l. – PIOVE DI SACCO (PD)
ARST S.p.A. TRASPORTI REGIONALI DELLA SARDEGNA – CAGLIARI	INTECS S.p.A. – ROMA
ASS.TRA – ASSOCIAZIONE TRASPORTI – ROMA	ISTITUTO ITALIANO PER IL CALCESTRUZZO S.r.l. – RENATE (MB)
ASSIFER – ASSOCIAZIONE INDUSTRIE FERROVIARIE – MILANO	ITALCERTIFER S.p.A. – FIRENZE
ATAC S.p.A. – ROMA	ITALFERR S.p.A. – ROMA
AUTOMOTIVE DIAGNOSTIC TECHNOLOGY S.r.l. – TREBASELEGHE (PD)	IVECOS S.p.A. – COLLE UMBERTO (TV)
AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE DEL MARE ADRIATICO ORIENTALE – TRIESTE	KNORR-BREMSE RAIL SYSTEMS ITALIA S.r.l. – CAMPI BISENZIO (FI)
B. & C. PROJECT S.r.l. – SAN DONATO MILANESE (MI)	KRAIBURG STRAIL GMBH & CO KG – TITTMONING (GERMANIA)
BOMBARDIER TRANSPORTATION ITALY S.p.A. – VADO LIGURE (SV)	LA FERROVIARIA ITALIANA S.p.A. – AREZZO
BONOMI EUGENIO S.p.A. – MONTICHIARI (BS)	LEICA GEOSYSTEMS S.p.A. – CORNAGLIANO LAUDENSE (LO)
BRESCIA INFRASTRUTTURE S.r.l. – BRESCIA	LOTRAS S.r.l. – FOGGIA
BUREAU VERITAS ITALIA S.p.A. – MILANO	LUCCHINI RS S.p.A. – LOVERE (BG)
C.E.M.E.S. S.p.A. – PISA	M.M. – METROPOLITANA MILANESE S.p.A. – MILANO
C.L.F. COSTRUZIONI LINEE FERROVIARIE S.p.A. – BOLOGNA	MA.FER S.r.l. – BOLOGNA
CARLO GAVAZZI AUTOMATION S.p.A. – LAINATE (MI)	MARGARITELLI FERROVIARIA S.p.A. – PONTE SAN GIOVANNI (PG)
CARROZZERIA NUOVA S. LEONARDO S.r.l. – SALERNO	MARINI IMPIANTI INDUSTRIALI S.p.A. – CISTERNA DI LATINA (LT)
CEG ELETTRONICA INDUSTRIALE S.p.A. – BIBBIANA (AR)	MATISA S.p.A. – SANTA PALOMBA (RM)
CEIT IMPIANTI S.r.l. – SAN GIOVANNI TEATINO (CH)	MESAR S.r.l. – GUIDONIA MONTECELIO (RM)
CEMBRE S.p.A. – BRESCIA	MICOS S.p.A. – LATINA
CEPRINI COSTRUZIONI S.r.l. – ORVIETO (TR)	MICROELETTRICA SCIENTIFICA S.p.A. – BUCCINASCIO MILANO
Co.Me.F. S.r.l. – ROMA	MONT-ELE S.r.l. – GIUSSANO (MI)
COET S.r.l. – COSTRUZIONI ELETTROTECNICHE – SAN DONATO M. (MI)	MOVISTRAD COGEFI S.r.l. – ALGHERO (SS)
COGESIRM S.r.l. – CASORIA (NA)	NET ENGINEERING S.p.A. – MONSELICE (PD)
COLAS RAIL ITALIA S.p.A. – MILANO	NICCHERI TITO S.r.l. – AREZZO
COMESVIL S.p.A. – VILLARICCA (NA)	NIER INGEGNERIA S.p.A. – CASTEL MAGGIORE (BO)
COMMEL S.r.l. – ROMA	PANDROL ITALIA S.r.l. – AGRATE BRIANZA (MB)
CONSORZIO SATURNO – ROMA	PFISTERER S.r.l. – PASSIRANA DI RHO (MI)
CONSORZIO TRIVENETO ROCCIATORI S.c.a.r.l. – FONZASO (BL)	PLASSER ITALIANA S.r.l. – VELLETRI (RM)
CONSULTSISTEM S.r.l. – ROMA	PRATI ARMATI S.r.l. – OPERA (MI)
COSTRUIRE ENERGIE S.r.l. – GUIDONIA MONTECELIO (RM)	PROGETTO BR S.r.l. – COSTA DI MEZZATE (RM)
CZ LOKO ITALIA S.r.l. – PORTO MANTOVANO (MN)	PROJECT AUTOMATION S.p.A. – MONZA (MI)
D&T S.r.l. – MILANO	PTF S.r.l. – CARINI (PA)
D'ADIUTORIO APPALTI E COSTRUZIONI S.r.l. UNIPERSONALE – MONTORIO AL VOMANO (TE)	QSD SISTEMI S.r.l. – PESSANO CON BORNAGO (MI)
D'AGOSTINO COSTRUZIONI GENERALI S.r.l. – MONTEFALCIONE (AV)	R.F.I. S.p.A. – RETE FERROVIARIA ITALIANA – ROMA
DIGICORP INGEGNERIA S.r.l. – UDINE	REGIONE LOMBARDIA DG-INFRA. E MOBILITÀ – MILANO
DINAZZANO PO - REGGIO NELL'EMILIA	RINA CONSULTING S.p.A. – GENOVA
DUCATI ENERGIA S.p.A. – BOLOGNA	S.I.C.E. DI ROCCHI ROBERTO & C. – CHIUSI (PI)
DYNASTES S.r.l. – ROMA	S.T.A. S.p.A. – STRUTTURE TRASPORTO ALTO ADIGE – BOLZANO
E.T.A. S.p.A. – CANZO (CO)	SADEL S.p.A. – CASTEL MAGGIORE (BO)
ECM S.p.A. – SERRAVALLE PISTOIESE (PT)	SALCEF GROUP S.p.A. – ROMA
ENTE AUTONOMO VOLTURNO S.r.l. – NAPOLI	SATFERR S.r.l. – FIDENZA (PR)
EREDI GIUSEPPE MERCURI S.p.A. – NAPOLI	SCALA VIRGILIO & FIGLI S.p.A. – MONTEVARCHI (AR)
ESERCIZIO RACCORDI FERROVIARI DI PORTO MARGHERA S.p.A. – MARGHERA VENEZIA	SCHAEFFLER ITALIA S.r.l. – MOMO (NO)
ETS S.r.l. – SOCIETÀ DI INGEGNERIA – LATINA	SCHWEIZER ELECTRONIC S.r.l. – MILANO
FADEP S.r.l. – NAPOLI	SICURFERR S.r.l. – CASORIA (NA)
FAIVELEY TRANSPORT ITALIA S.p.A. – PIOSSASCO (TO)	SIEMENS S.p.A. SETTORE TRASPORTI – MILANO
FASE S.a.s. – DI EUGENIO DI GENNARO & C. – SENAGO (MI)	SILSUD S.r.l. – FERENTINO (FR)
FER S.r.l. – FERROVIE EMILIA ROMAGNA – FERRARA	SIMPRO S.p.A. – BRANDIZZO (TO)
FERONE PIETRO & C. S.r.l. – NAPOLI	SINTAGMA S.r.l. – SAN MARTINO IN CAMPO (PG)
FERROTRAMVIARIA S.p.A. – BARI	SIRTI S.p.A. – MILANO
FERROVIE APPULO LUCANE S.r.l. – BARI	SPEKTRA S.r.l. – VIMERCATE (MB)
FERROVIE DEL GARGANO S.r.l. – BARI	SPII S.p.A. – SARANNO (VA)
FERROVIE DEL SUD EST E SERVIZI AUTOMOBILISTICI – BARI	SPITEK S.r.l. – PRATO
FERROVIE DELLO STATO S.p.A. – ROMA	SVECO S.p.A. – BORGO PIAVE (LT)
FERROVIE NORD MILANO S.p.A. – MILANO	SYSNET TELEMATICA S.r.l. – MILANO
FONDAZIONE FS ITALIANE – ROMA	T.M.C. S.r.l. – TRANSPORTATION MANAGEMENT CONSULTANT – POMPEI (NA)
FOR.FER S.r.l. – ROMA	TE.SI.FER. S.r.l. – FIRENZE
FRANCESCO COMUNE COSTRUZIONI S.r.l. – GIUGLIANO IN CAMPANIA (NA)	TEAMSYSTEM S.p.A. – PESARO URBINO
G.C.F. – GENERALE COSTRUZIONI FERROVIARIE S.p.A. – RM	TECNOLOGIE MECCANICHE S.r.l. – ARICCIA (RM)
G.T.T. – GRUPPO TRASPORTI TORINESE S.p.A. – TORINO	TEKFER S.r.l. – BEINASCO (TO)
GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO BBT SE – BOLZANO	TELEFIN S.p.A. – VERONA
GENERAL IMPIANTI DEL GRUPPO LOCCIONI S.r.l. – MAIOLATI SPONTINI (AN)	TESMEC S.p.A. – GRASSOBBIO (BG)
GESTIONE GOVERNATIVA – ROMA	THALES ITALIA S.p.A. – SESTO FIORENTINO (FI)
GILARDONI S.p.A. – MANDELLO DEL LARIO (LC)	THERMIT ITALIANA S.r.l. – RHO (MI)
GRANDI STAZIONI RAIL S.p.A. – ROMA	TRASPORTO PASSEGGERI EMILIA ROMAGNA – TPER – BOLOGNA
GRUPPO PSC S.p.A. – ROMA	TRENTALIA S.p.A. – ROMA
HARPACEAS S.r.l. – MILANO	TRENORD S.r.l. – MILANO
	TRENTINO TRASPORTI S.p.A. – TRENTO
	VERICERT – PESARO (PU)
	VERTIV S.r.l. – ROMA
	VOITH TURBO S.r.l. – REGGIO EMILIA
	VOSSLOH SISTEMI S.r.l. – CESENA
	VTG RAIL EUROPE GmbH – SARONNO (VA)
	WEGH GROUP S.p.A. – FORNOVO DI TARO (PR)

INDICE DEGLI ANNUNZI PUBBLICITARI

ECM S.p.A. di Cappellini - Serravalle Pistoiese (PT)	I Copertina
ITALFERR S.p.A. - Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane - Roma	pagina 726
PLASSER Italiana S.r.l. - Velletri (RM)	pagina 768
AMRA S.p.A. - Macherio (MI)	pagina 791
PANTECNICA S.p.A. - Rho (MI)	pagina 791
ISOIL S.p.A. - Cinisello Balsamo (MI)	pagina 794
LUCCHINI RS S.p.A. - Lovere (BG)	IV Copertina

CONDIZIONI DI ASSOCIAZIONE AL CIFI QUOTE SOCIALI ANNO 2020

- Soci Ordinari e Aggregati (con entrambe le riviste periodiche da scegliere tra cartaceo e online)	€/anno	85,00
- Soci Ordinari e Aggregati under 35 (con entrambe le riviste periodiche da scegliere tra cartaceo e online)	€/anno	60,00
- Soci Junior (che hanno già maturato 3 anni di iscrizione e under 28 , con entrambe le riviste periodiche solo online)	€/anno	25,00
- Nuovi Associati (under 35, per i primi 3 anni "considerati in modo retroattivo", con entrambe le riviste periodiche solo online)	€/anno	00,00
- Soci Collettivi (con entrambe le riviste periodiche: IF una copia online più una copia cartacea – TP una copia cartacea)	€/anno	600,00

Tutti i Soci hanno diritto ad avere uno sconto del 20% sulle pubblicazioni editate dal CIFI, ad usufruire di eventuali convenzioni con Enti esterni ed a partecipare alle varie manifestazioni (convegni, conferenze, corsi) organizzati dal Collegio.

Il modulo di associazione è disponibile sul sito internet www.cifi.it alla voce "ASSOCIARSI" e l'iscrizione decorre dopo il versamento della quota tramite:

- c.c.p. 31569007 intestato al CIFI – Via Giolitti, 48 – 00185 Roma;
- bonifico bancario sul c/c n. 000101180047 – Unicredit Roma, Ag. Roma Orlando – Via Vittorio Emanuele Orlando, 70 – 00185 Roma - IBAN IT29 U 02008 05203 000101180047 - BIC: UNCRITM 1704;
- pagamento online, collegandosi al sito www.cifi.it;
- in contanti o tramite Carta Bancomat.

Per il personale FSI, RFI, TRENITALIA, FERSERVIZI e ITALFERR è possibile versare la quota annuale, con trattenuta a ruolo compilando il modulo per la delega disponibile sul sito.

Le associazioni, se non disdette, vengono rinnovate d'ufficio; le disdette debbono pervenire entro il 30 settembre di ciascun anno.

Le associazioni devono essere rinnovate entro il 31 dicembre.

Per ulteriori informazioni: Segreteria Generale – tel. 06/4882129 – FS 26825 – E mail: areasoci@cifi.it

Contatti - Contacts

Tel. 06.4742987
E-mail: redazioneif@cifi.it - notiziari.if@cifi.it - direttore.if@cifi.it
Indirizzo skype: REDAZIONE I.F. C.I.F.I.

Servizio Pubblicità - Advertising Service

Roma: 06.47307819 - redazioneip@cifi.it
Milano: 02.63712002 - 339.1220777 - segreteria@cifimilano.it

Direttore - Editor in Chief

Stefano RICCI

Vice Direttore - Deputy Editor in Chief

Valerio GIOVINE

Comitato di Redazione - Editorial Board

Benedetto BARABINO
Massimiliano BRUNER
Maurizio CAVAGNARO
Federico CHELI
Giuseppe Romolo CORAZZA
Maria Vittoria CORAZZA
Biagio COSTA
Bruno DALLA CHIARA
Salvatore DI TRAPANI
Anders EKBERG
Alessandro ELIA
Luigi EVANGELISTA
Carmen FORCINITI
Attilio GAETA
Ingo HANSEN
Simon David IVNICKI
Marino LUPI
Adoardo LUZI
Gabriele MALAVASI
Giampaolo MANCINI
Enrico MINGOZZI
Elena MOLINARO
Francesco NATONI
Luca RIZZETTO
Stefano ROSSI
Francesco VITRANO
Dario ZANINELLI

Consulenti - Consultants

Giovannino CAPRIO
Paolo Enrico DEBARBIERI
Giorgio DIANA
Antonio LAGANA
Emilio MAESTRINI
Renato MANIGRASSO
Mauro MORETTI
Silvio RIZZOTTI
Giuseppe SCIUTTO

Redazione - Editorial Staff

Massimiliano BRUNER
Ivan CUFARI
Francesca PISANO
Federica THOLOSANO DI VALGRISANCHE

**Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani**

Associazione NO PROFIT con personalità giuridica (n. 645/2009)
iscritta al Registro Nazionale degli Operatori della Comunicazione
(ROC) n. 33553 - Poste Italiane SpA - Spedizione in abbonamento
postale - d.l. 353/2003

(conv. In l. 27/02/2004 n. 46) art. 1 - DBC Roma
Via Giovanni Giolitti, 46 - 00185 Roma
E-mail: info@cifi.it - u.r.l.: www.cifi.it
Tel. 06.4742987 - Fax 06.4742987
Partita IVA 00929941003

Orario Uffici: lun.-ven. 8.30-13.00 / 13.30-17.00
Biblioteca: lun.-ven. 9.00-13.00 / 13.30-16.00

Indice

Anno LXXV | **Ottobre 2020** | 10

Condizioni di Associazione al CIFI**698****SALE MONTATE INTELLIGENTI PER IL TRENO DEL FUTURO:
IL RUOLO DELLA MISURA IN ESERCIZIO
DELLE FORZE RUOTA-ROTAIA**

*INTELLIGENT WHEELSETS FOR THE TRAINS OF THE FUTURE:
THE ROLE OF IN-SERVICE WHEEL-RAIL FORCE MEASUREMENT*

Flavio VELLETRANI
Riccardo LICCIARDELLO
Massimiliano BRUNER

701**CARATTERISTICHE INFRASTRUTTURALI E SPAZI
DEL TRASPORTO COLLETTIVO SU GOMMA
NEL REGOLAMENTO VIARIO IN AMBITO URBANO
COLLECTIVE ROAD TRANSPORT INFRASTRUCTURAL
CHARACTERISTICS AND SPACES
IN THE URBAN ROAD REGULATION**

Benedetto BARABINO
Michela BONERA
Roberto VENTURA
Giulio MATERNINI

727**Notizie dall'interno****769****Notizie dall'estero**

News from foreign countries

777**Condizioni di Abbonamento a IF - Ingegneria Ferroviaria**

Terms of subscription to IF - Ingegneria Ferroviaria

790**Elenco di tutte le Pubblicazioni CIFI****792****IF Biblio****795****Fornitori di prodotti e servizi****802**

La riproduzione totale o parziale di articoli o disegni è permessa citando la fonte.
The total or partial reproduction of articles or figures is allowed providing the source citation.

LINEE GUIDA PER GLI AUTORI

(Istruzioni su come presentare un articolo per la pubblicazione su "IF - Ingegneria Ferroviaria")

La collaborazione è aperta a tutti.

Gli articoli possono essere proposti per la pubblicazione in lingua italiana e/o inglese. La pubblicazione è comunque bilingue.

L'ammissione di uno scritto alla pubblicazione non implica, da parte della Rivista, riconoscimento o approvazione delle teorie sviluppate o delle opinioni manifestate dall'Autore.

La Direzione della rivista si riserva il diritto di utilizzare gli articoli ricevuti anche per la loro pubblicazione su altre riviste del settore edite da soggetti terzi, sempre a condizione che siano indicati la fonte e l'autore dell'articolo.

Al fine di favorire la presentazione degli articoli, la loro revisione da parte del Comitato di Redazione e di agevolare la trattazione tipografica del testo per la pubblicazione, si ritiene opportuno che gli Autori stessi osservino gli standard di seguito riportati.

- 1) L'articolo dovrà essere necessariamente fornito in formato WORD per Windows, via e-mail, CD-Rom, DVD o pen-drive.
- 2) Tutte le figure (fotografie, disegni, schemi, ecc.) devono essere fornite complete di didascalia, numerate progressivamente e richiamate nel testo. Queste devono essere fornite in formato elettronico (e-mail, CD-Rom, DVD o pen-drive) e salvate in formato TIFF o EPS ad alta risoluzione (almeno 300 dpi). E' inoltre richiesto l'invio delle stesse immagini in formato compresso JPG (max. 50 KB/immagine). E' inoltre possibile includere, a titolo di bozza d'impaginazione, una copia cartacea che comprenda l'inserimento delle figure nel testo.
- 3) Nei testi presentati dovranno essere utilizzate rigorosamente le unità di misura del Sistema Internazionale (SI) e le relative regole per la scrittura delle unità di misura, dei simboli e delle cifre.
- 4) Tutti i riferimenti bibliografici dovranno essere richiamati nel testo con numerazione progressiva riportata in [].

All'Autore di riferimento è richiesto di indicare un indirizzo di posta elettronica per lo scambio di comunicazioni con il Comitato di Redazione e, a tutti gli autori, di sottoscrivere una dichiarazione liberatoria riguardo al possesso dei diritti di pubblicazione.

Per eventuali ulteriori informazioni sulle modalità di presentazione degli articoli contattare la Redazione della Rivista. – Tel: +39.06.4742987 – Fax: +39.06.4742987 – e-mail: redazioneif@cifi.it

GUIDELINES FOR THE AUTHORS

(Instructions on how to present a paper for the publications on "IF - Ingegneria Ferroviaria")

The collaboration is open to everyone.

The articles can be presented both in English and/or Italian language. The publication is anyway bilingual. The admission of a paper does not imply acknowledgment or approval by the journal of theories and opinions presented by the Authors.

The Direction of the journal reserves the right to use the received papers for the publication on other journals under condition to provide the source citation.

In order to simplify the papers' presentation, their review by the Editorial Board and their typographic handling for the publication, the Authors are required to comply with the standards below.

- 1) The paper must be presented in WORD for Windows, by e-mail, CD-Rom, DVD or pen-drive.
- 2) All figures (pictures, drawings, schemes, etc.) must include a caption, must be progressively numbered and recalled in the text. They must be presented in a high resolution (min. 300 dpi) electronic format (TIFF or EPS) by e-mail, CD-Rom, DVD or pen-drive). Moreover, it is required to send them in a compressed JPG format (max. 50 KB/figure). It is additionally possible to include a printed draft copy as an editorial example.
- 3) In the texts must be rigorously used the SI units only.
- 4) All the bibliographic references must be recalled in the text with progressive numbering in [].

It is required to the corresponding Author to provide with a reference e-mail address for the communications with the Editorial Board and, to all Authors, to sign a discharge declaration concerning the rights of publication.

For any further information about the paper presentation, you can contact the editorial staff. – Phone: +39.06.4742987 – Fax: +39.06.4742987 – e-mail: redazioneif@cifi.it



Sale montate intelligenti per il treno del futuro: il ruolo della misura in esercizio delle forze ruota-rotaia

Intelligent wheelsets for the trains of the future: the role of in-service wheel-rail force measurement

Flavio VELLETRANI^(*)
Riccardo LICCIARDELLO^(*)
Massimiliano BRUNER^(*)

Sommario - Nel settore ferroviario europeo si registra un forte interesse nella ricerca di sistemi innovativi per il monitoraggio delle caratteristiche di marcia dei treni in servizio regolare. Alcuni di questi sistemi utilizzano tecnologia ad elevato livello e sono in via di sviluppo, tanto da far pensare ai futuri sistemi ferroviari come indirizzati all'esercizio di "veicoli intelligenti". Questo documento descrive lo sviluppo concettuale di un sistema di monitoraggio tramite trasduttori montati sulle ruote, basato su calcoli FEM. I segnali vengono elaborati con l'obiettivo principale di aumentare l'efficacia della progettazione e manutenzione di assi e ruote, attraverso una migliore conoscenza dei carichi in servizio, fornendo la possibilità supportare la manutenzione predittiva attraverso l'identificazione precoce dei guasti ed identificando potenziali rischi per la sicurezza.

Introduzione

Nel settore ferroviario europeo da sempre si presta attenzione all'implementazione di sistemi di monitoraggio dello "stato funzionale" del rodiggio e degli organi di trasmissione dei veicoli ferroviari. Tali sistemi potrebbero portare a futuri sistemi ferroviari basati su "veicoli intelligenti". Basati sull'utilizzo di sensori applicati sugli elementi meccanici del rodiggio e delle trasmissioni di potenza, detti sistemi hanno i seguenti scopi principali:

- a) aumentare l'efficacia della progettazione e della manutenzione;
- b) supportare la manutenzione predittiva attraverso l'identificazione precoce dei guasti;
- c) identificare dei pericoli per la sicurezza.

In questo contesto, il progetto RUN2Rail (2017-2019), finanziato da SHIFT2RAIL [1], ha prodotto diversi concept tecnologici, incluso quello sviluppato dagli autori ba-

Summary - The European rail sector has a strong interest in innovations for monitoring the operational condition of a running vehicle. Many high technology systems can lead up to future rail systems relying on "intelligent vehicles". This document describes the conceptual development of a monitoring system based on FEM calculations. The system uses signals from wheel-fitted transducers. The signals are processed with the main aim of increasing design and maintenance effectiveness through a better knowledge of in-service loads, supporting predictive maintenance through the early identification of faults, and identifying safety hazards.

Introduction

The European rail sector has always paid attention to innovations regarding "health monitoring" of trains' running gear, that could lead up to future rail systems relying on highly "intelligent vehicles". Health monitoring systems, based on the analysis of operational data carried by signals from transducers applied on the running gear, have the main aims of:

- a) increasing design and maintenance effectiveness;
- b) supporting predictive maintenance through the early identification of faults;
- c) identifying safety hazards.

In this context, the RUN2Rail project (2017-2019), funded by SHIFT2RAIL [1], has produced several technology concepts, including the one developed by the authors. The starting idea was to simplify the CORAZZA-MALAVASI-LICCIARDELLO Methodology – (below referred to as CML method) developed over the years by SAPIENZA University of Rome. The CML method was originally intended for highly accurate measurements of wheel-rail forces - for example for research and vehicle acceptance purposes. For in-service mon-

^(*) DICEA Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale, Sapienza University of Roma (Italia).

^(*) DICEA Civil, Buildings and Environmental Engineering Dpt., Sapienza University of Roma (Italy).

sandosi sull'idea di semplificare la metodologia di misura CORAZZA-MALAVASI-LICCIARDELLO (di seguito denominata metodo CML), al fine di adattarla allo scopo di monitoraggio in servizio delle forze di contatto ruota-rotaia. Sviluppato dall'Università di Roma SAPIENZA allo scopo di ottenere misurazioni accurate delle forze di contatto (ad es. per scopi di ricerca e/o omologazione del veicolo), senza particolari vincoli nel numero di canali di telemetria, il nuovo indirizzo tecnico ha introdotto il requisito di minimizzare il numero dei canali, riducendo entro certi limiti l'accuratezza di misura. Sono state analizzate diverse configurazioni semplificate di posizionamento dei sensori tramite un modello agli elementi finiti di una ruota di un treno ad alta velocità, al fine di selezionare le configurazioni più idonee all'applicazione. L'hardware assunto per il sistema è già in fase di test in servizio da parte di un altro partner di RUN2Rail. L'idea originaria del progetto era esplorare l'idoneità del sistema ai fini di ottenere una maggiore efficacia di progettazione - punto a) sopra citato; in questo documento il sistema è esaminato più in dettaglio anche per i punti b) e c).

1. Stato dell'arte

Il settore ferroviario europeo sta dimostrando un forte interesse per le innovazioni tecnologiche volte alla implementazione di attività automatiche di monitoraggio dello stato funzionale dei treni. L'indirizzo è testimoniato dal piano d'azione pluriennale di SHIFT2RAIL [1] che prevede l'integrazione di sistemi avanzati per il monitoraggio di rodiggio e trasmissione con la prossima generazione di sistemi di comando e controllo dei treni (TCMS). Tali sistemi di monitoraggio si basano su sensori o trasduttori montati sugli organi meccanici in oggetto [27], i cui segnali possono in linea di principio essere elaborati con i seguenti obiettivi:

- a) aumento dell'efficacia della progettazione e della manutenzione;
- b) supporto della manutenzione predittiva attraverso l'identificazione precoce dei guasti;
- c) identificazione dei pericoli per la sicurezza di esercizio.

La conoscenza dei carichi effettivamente rilevati in servizio è un prezioso contributo alla progettazione e alla manutenzione dei componenti dei veicoli ferroviari (punto a), in particolare per le sale montate, i telai dei carrelli e altri componenti del rodiggio, ma anche per la cassa.

In genere, il processo di progettazione delle ruote si concentra sulle azioni trasmesse dal calettamento della ruota e dei dischi freno sugli assi (EN 13260 [2]), nonché sulla fatica da flessione alternata durante la marcia (EN 13103-1 [3]). I valori di progetto delle azioni ruota-rotaia (X, Y, Q) sono scelti come multiplo dei carichi nominali e considerati come costanti durante la progettazione. Peraltro, dovendo essere rappresentativi di una grande varietà di casi possibili di esercizio (linee con molte o poche curve, tipologia del binario, trazione/frenata frequente o

monitoring the requirement of a low number of telemetry channels takes priority over accuracy. Therefore, several different simplified gauge configurations were explored by analysing the results of a validated Finite Element Model of a high-speed-train wheel in order to quantify their accuracy and select the best one. The hardware assumed for the system is already being tested in service by another partner of RUN2Rail. The main idea in the project was to explore the suitability of the system for increased design effectiveness - item a) above. In this paper the role of the system is examined more in detail also for items b) and c).

1. State of the art

The European rail sector has a strong interest in innovations for condition monitoring - or "health monitoring" - systems of the trains' running gear, leading up to future rail systems relying on highly intelligent vehicles. This is testified by SHIFT2RAIL's Multi-Annual Action Plan [1] which foresees the integration of advanced sensor-based health monitoring systems in the running gear with the next generation of Train Control and Monitoring Systems (TCMS). Such monitoring systems rely on sensors or transducers on the running gear itself [27], whose signals may in principle be processed with the following aims:

- a) increasing design and maintenance effectiveness;
- b) supporting predictive maintenance through the early identification of faults;
- c) identifying safety hazards.

The knowledge of in-service loads is a valuable contribution to the design and maintenance of railway vehicle components (item a), particularly wheelsets, bogie frames and other running-gear components but also of the carbody. Generally, the design loads are standardised. The wheelset design process in the European standards are focused on the actions given by press-fitting the wheel and brake discs on the axles (EN 13260 [2]), as well as on the fatigue given by alternate bending when running (EN 13103-1 [3]). For the latter aspect, wheel longitudinal, lateral and vertical loads (X, Y, Q) are important. The design wheel-rail contact loads are chosen as a multiple of nominal loads, and the design process considers them as constant values. Standardised load values have to be conservative as they must represent a large variety of possible cases (lines with many or few curves, types of track and track components, frequent or rare traction/braking, etc.).

With the current state-of-the-art, wheel load measurement systems are however quite complex and not well suited to unattended, durable and widespread measurement on a fleet of trains ([22], [23], [24], [25], [26]). The measurements are usually performed by means of strain gauges applied to the wheel and/or the axle. Several methods have been developed through the years, all with the requirement of quite high sensitivity and accuracy, since they are routinely used when placing a vehicle type on the market with the purpose of assessing running safety and track loading

rara, ecc.), tali valori sono scelti in modo conservativo. Di conseguenza la conoscenza dei carichi longitudinali, laterali e verticali (X, Y, Q) realmente riscontrati in esercizio dalle ruote può essere molto utile.

D'altro canto, i sistemi di misura delle forze di contatto ruota-rotaia sono piuttosto complessi e non adatti a misurazioni da remoto, continuative e generalizzate su una flotta di treni ([22], [23], [24], [25], [26]). Le misurazioni vengono generalmente eseguite mediante estensimetri applicati alla ruota e/o sull'assile. Nel corso degli anni sono stati sviluppati diversi metodi allo scopo di valutare la sicurezza di marcia ed i carichi scambiati tra rotabile e binario (nella legislazione europea: standard EN 14363 [4]), tutti con requisiti di sensibilità e accuratezza piuttosto elevate, utilizzati in fase di omologazione del veicolo nuovo. È necessario un sistema di telemetria per trasmettere i segnali da ruota/assile alla parte di bordo della catena di misura. Accurate revisioni sullo stato dell'arte di questi dispositivi sono state fornite da OTTER et al. [5] e, più recentemente, da BRACCIALI et al. [6] esaminando i principali requisiti e facendo riferimento alle norme tecniche.

Un'alternativa promettente ai metodi estensimetrici, che si presta peraltro al monitoraggio in esercizio, è la misura della freccia flessionale del disco ruota (in funzione delle sollecitazioni laterali di contatto ruota-rotaia) tramite sensori di prossimità, come descritto da MATSUMOTO et al. [7]. La metodologia indica inoltre che la misura delle componenti longitudinale e verticale avviene attraverso le deformazioni della sospensione primaria. Lo scopo principale della misura è relativo alla sicurezza (come espresso nel punto c)), e le forze vengono misurate per monitorare il rapporto Y/Q (rapporto di svio) su 2 sale montate di un convoglio in servizio.

L'instabilità causata da elevata conicità equivalente alle alte velocità viene solitamente rilevata tramite accelerometri sul telaio del carrello [8] e tradotta in prescrizioni operative (rallentamento del treno). Guasti delle sospensioni possono modificare i valori di rigidità e smorzamento. In altre parole la dinamica di marcia può cambiare in modo significativo in funzione dell'efficienza degli smorzatori [9], al punto di provocare squilibri di carico tali da compromettere la sicurezza di marcia. Difetti delle ruote come poligonazioni o sfaccettature conferiscono elevati carichi dinamici all'infrastruttura [10], ma gli accelerometri di bordo possono fornire informazioni utili per la loro identificazione.

Guasti ai riduttori possono causare indisponibilità operativa del treno e, se gravi, anche problemi di sicurezza: in tali casi l'attività di controllo viene attualmente eseguita con sistemi diversi, basati ad esempio sulla misurazione della temperatura [11]. In tale casistica ricade, infine, anche la misura della temperatura delle boccole, diretta alla verifica della efficienza meccanica ed al monitoraggio manutentivo ([12], [13]).

(in the European legislation: standard EN 14363 [4]). A telemetry is required to transmit the signals from the rotating wheel/wheelset to the on-board part of the measurement chain. Accurate reviews of the state of the art have been given firstly by OTTER et al. [5] and, more recently, by BRACCIALI et al. [6] looking into the main requirements and referenced to technical regulations.

A promising alternative to strain-gauge methods that lends itself to routine in-service measurement is the measurement of lateral loads through the lateral deflection of the wheel by contactless gap sensors as described by MATSUMOTO et al. [7]. In this application the longitudinal and vertical components are measured through primary suspension strain. The intended purpose is safety-related (item c. above). The loads are measured in order to monitor the derailment ratio (lateral wheel load divided by vertical load) on 2 wheelsets of one of the trainsets in service.

Regarding purpose b), systems exist or are being studied to identify a variety of running-gear faults.

Instability caused by high equivalent conicity/high speeds is usually detected by on-bogie frame accelerometers [8] and translated into operational measures (slowing down the train). Suspension faults may change stiffness/damping values; i.e. dampers' efficiency may significantly change the running dynamics [9], and wheel load unbalances potentially affecting running safety may occur. Wheel defects such as flats and out-of-roundness impart high dynamic loads on the infrastructure [10]. On-board accelerometers may provide useful information for their identification.

Gearbox faults may cause operational unavailability due to the train being withdrawn from service and, if severe, also safety issues. Gearbox monitoring is currently performed with different systems based on e.g. temperature measurement [11]. Axle-box temperatures are also measured for monitoring purposes ([12], [13]).

2. Development of the in-service force monitoring concept

2.1. Objectives of the research work

In the work described here, the main objective is the assessment of the feasibility of simple low-cost wheel-load strain-gauge-based measurement systems with the potential for routine in-service application. The concept is dubbed *Wheel/wheelset In-Service Force Monitoring (WISE-FM)*.

A high-accuracy system developed at SAPIENZA University of Rome for research and vehicle acceptance purposes, the CML method ([14], [15]) was a starting point. It is a wheel-based strain-gauge method providing Distance-Based Sampling – i.e. with a fixed number of samples per metre, rather than per second – of force components. For vehicle acceptance purposes it requires 12 telemetry channels per wheel. Using, and extending, the principles upon which the CML method was developed, the idea was to

2. Definizione del sistema di monitoraggio delle forze in servizio

2.1. Obiettivi del lavoro di ricerca

Il lavoro descritto nella presente memoria ha l'obiettivo principale di valutare la fattibilità di semplici sistemi di misura basati su estensimetri montati sulle ruote, di basso costo ed alimentati con caratteristiche elettriche (tensione e corrente) implementate sul veicolo per le normali applicazioni in servizio. Il concetto è sintetizzato nell'acronimo scelto per descrivere il sistema di misura: Wheel/wheelset In-Service Force Monitoring (WISE-FM).

L'origine tecnica del metodo è un sistema di misura estensimetrico ad alta precisione delle forze di contatto sviluppato presso l'Università Sapienza di Roma, indirizzato per scopi di ricerca ed omologazione del veicolo. Il metodo CML ([14], [15]) è caratterizzato dal campionamento spaziale costante delle componenti della forze di contatto ruota-rotaia da bordo treno. L'utilizzo del metodo ai fini della omologazione di un veicolo necessita di un sistema di telemetria a 12 canali per ruota. Utilizzando e estendendo i principi su cui è stato sviluppato il metodo CML, sono state studiate configurazioni estensimetriche caratterizzate da precisione sufficiente agli scopi, utilizzando un numero ridotto di canali per ruota (idealmente solo uno).

A seguire è descritto il modello agli elementi finiti ed il processo di selezione utilizzato per identificare le configurazioni caratterizzate da una precisione accettabile. I risultati presentati forniscono la una stima dell'accuratezza della misura ottenibile con le diverse configurazioni geometriche degli estensimetri e, attraverso considerazioni dinamiche, la rilevazione dei picchi di sollecitazione. Inoltre, viene discussa l'idoneità di un sistema WISE-FM con l'accuratezza determinata per soddisfare gli scopi accennati. La dissertazione nelle conclusioni espone alcuni indirizzi per ulteriori ricerche.

2.2. Modello FEM

L'accuratezza ottenibile dal metodo di misura viene valutata attraverso simulazioni strutturali, utilizzate per identificare le diverse configurazioni di ponte e posizioni di incollaggio degli estensimetri idonee allo scopo.

Caso di studio è una ruota Lucchini - Alstom, utilizzata per un treno Pendolino ETR460 (Fig. 1), analizzata tramite un modello FEM lineare precedentemente validato [17], [19] ed analizzato sperimentalmente su un banco di prova [15]. Il modello della ruota si basa sull'uso di elementi esaedrici. L'emulazione della presenza e della risposta deformativa degli estensimetri è sviluppata con l'ausilio di elementi guscio, collegati ai nodi della suddivisione in elementi finiti imposta dagli elementi esaedrici. I risultati delle simulazioni (deformazioni radiali) sono stati esportati in forma tabellare, estraendo i valori su 8 tracce nodali radiali distanziate di 45° lungo la circonfe-

screen several strain-gauge configurations to understand if there are configurations that provide a sufficient accuracy for WISE-FM with a much lower number of channels per wheel (ideally only one).

Section 2.2 describes the Finite Element Model and the screening process used to identify strain-gauge configurations with acceptable accuracy. Section 2.3 quantifies the accuracy achievable with the selected configuration. It shows, through dynamic considerations, to what extent impact loads should be detectable. In section 3 the suitability of a WISE-FM system with the determined accuracy in fulfilling the above purposes is discussed. Section 5 provides conclusions and recommendations for further research.

2.2. FEM Procedure

The accuracy achievable with different strain gauge configurations is investigated through several structural simulations, in order to identify suitable bridge configurations and gauge positions.

The case study is a previously validated linear FEM code model [17], [19], applied to a Lucchini – Alstom wheel, belonging to a wheelset of the ETR460 class Pendolino trainset (Fig. 1), at the same time analysed experimentally on a test rig [15]. The model is based on the use of brick elements, covered with shell elements connected to the volume mesh nodes, to simulate the strain gauge behaviour. Radial strains were further exported through 8 (quasi) radial paths applied every 45° at both surfaces (inner – outer) of the wheel disc and analysed in order to find suitable measurement points, below named A-B-C-D. An estimation of strain gauge signal behaviour along the wheel revolution is obtained by means of circular paths.

The complete model linearity reduced the amount of simulations, so several load cases were obtained through linear combination of simulated ones.

Input for load combinations and load distributions has been taken from the WIDEM Project [16], which investigated the running dynamic behaviour of a Pendolino trainset having very similar wheelsets. The contact point for the wheel load (X, longitudinal; Q vertical; Y lateral forces) is identified by the dR parameter, that describes its distance from the wheel reference plane. For this case study, three contact points have been considered on the wheel, related to three usual wheel-rail contact conditions: the first on the flange, the second on the tread centre and the last on the outer zone of the tread. In order to follow the experimental laboratory tests, values for the components Q and Y (Tab. 1) were chosen to obtain a linear increase for the vertical load, while Y values modify their linearity due the combined effects of Q. Finally, X forces were chosen to match the knowledge of longitudinal adhesion ratio (with a average maximum value of 0.5) referring to the ordinary mechanical literature.

Simulation results allowed the optimal position for the strain gauge transducers to be fixed on the wheel web: a

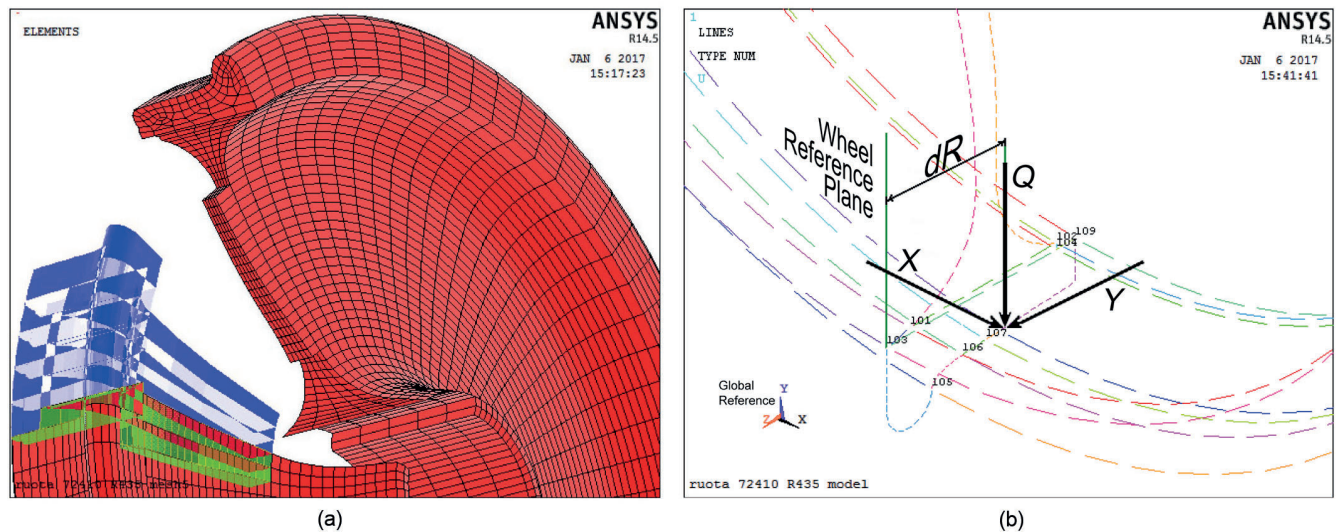


Figura 1 - Modello E.F. della ruota LUCCHINI – Alstom 72410: (a) vista sezionata, evidenziando l'uso di elementi brick nel modello FEM; (b) forze di contatto ruota-rotaia applicate a distanza dR dal piano di riferimento della ruota: X componente longitudinale della forza di contatto, Q carico verticale sulla ruota, Y componente laterale.

Figure 1 - FE model of LUCCHINI – Alstom wheel 72410: (a) wheel section view, use of brick elements in code FEM structure; (b) wheel-rail contact forces (in this case applied on wheel rim) positioned at distance dR from the wheel's reference plane: X longitudinal force, Q vertical wheel load, Y lateral force.

renza del disco ruota, su entrambe le superfici interna ed esterna. Il processo suggerisce in tale modo le zone di misura ottimali, di seguito denominate A-B-C-D, su cui applicare gli estensimetri. Una stima statica del segnale estensimetrico lungo il giro ruota è ottenuta mediante estrazione dei dati di deformazione su serie nodali circolari.

La verificata linearità nella risposta deformativa del modello ha consentito di ridurre il numero di simulazioni: di fatto molte combinazioni di sollecitazione (valori delle forze longitudinali X, trasversali Y e verticali Q) sono state ottenute mediante combinazione lineare dei casi simulati.

Gli input per le combinazioni di carico e le distribuzioni di carico sono stati desunti dal progetto WIDEM [16], che ha studiato il comportamento dinamico di un convoglio Pendolino con sale montate molto simili a quelle in oggetto. Le componenti della forza di contatto sono X longitudinale, Q verticale, Y laterale: il punto di contatto per il carico della ruota è identificato dal parametro dR , che descrive la sua distanza dal piano di riferimento costruttivo della stessa. Per questo studio, sono stati considerati tre punti di contatto sulla ruota, relativi a tre comuni condizioni di contatto ruota-rotaia: sul bordinio, sul centro del piano di rotolamento del cerchione e sulla zona esterna del cerchione stesso. In analogia ai test sperimentali effettuati in laboratorio, i valori per le componenti Q e Y (Tab. 1) sono stati scelti per simulare un incremento lineare per il carico verticale, mentre gli effetti di Y risultano essere meno lineari a causa degli effetti combinati di Q. Infine, le forze X sono state scelte in coe-

web circle-radius can be identified to define maximum radial deformation. Suitable wiring configurations, between strain gauges, have been conceptualised and a corresponding calibration constant K obtained that fits the variability of wheel-rail contact patch position for each vehicle running condition. In order to avoid complex post-processing algorithms, a generic force component is required to be calculated in real-time from the measured strains as:

$$F = \frac{1}{K_{B,P}} \cdot \varepsilon_{R,P}$$

where B represents the generic bridge configuration, applied on the generic radius R . Consequently, $\varepsilon_{R,P}$ is the equivalent (quasi-) radial strain ε at point P and radius R , given by the Wheatstone bridge with gauges applied in the generic set of points P . For a typical 4-strain-gauge (SG $_i$; $i = 1, \dots, 4$) bridge (Fig. 2) the equivalent strain is:

$$\varepsilon_{R,P} = \varepsilon_{SG1} - \varepsilon_{SG2} + \varepsilon_{SG3} - \varepsilon_{SG4}$$

The Wheatstone bridge simply "sums with sign" the strains in the points where the gauges are applied.

The temperature effects are assumed to be compensated by the bridge configurations. This assumption is reasonable for bridges whose gauges are applied all to one side of the wheel (particularly the inner side which is always well shaded from sunlight).

For the sought component of wheel-rail contact force component F , the calibration constant $K_{B,P}$, where B is the specific (full or half) bridge configuration applied in points

renza alla conoscenza del rapporto di aderenza longitudinale (con un valore massimo medio di 0,5) in riferimento a quanto reperibile in letteratura.

I risultati delle simulazioni hanno consentito di fissare la posizione dal generico estensimetro sul disco ruota: è stato possibile identificarne una quota radiale caratterizzata dalla deformazione radiale massima. Sono state valutate opportune configurazioni di cablaggio tra gli estensimetri, ottenendo la corrispondente costante di calibrazione K, adattata alla variabilità della posizione del punto di contatto ruota-rotaia per ogni condizione di marcia del veicolo. Al fine di evitare algoritmi di post-elaborazione complessi, è stato necessario calcolare la generica componente di forza in tempo reale in funzione delle deformazioni misurate secondo la:

$$F = \frac{1}{K_{B,P}} \cdot \varepsilon_{R,P}$$

dove B rappresenta la generica configurazione di ponte (Bridge) applicata al generico punto P, a sua volta localizzato sulla ruota dal raggio R. Di conseguenza, $\varepsilon_{R,P}$ è la deformazione (quasi-) radiale ε_R equivalente fornita dal ponte di Wheatstone con gli estensimetri applicati nel generico punto P sul disco ruota. Per un tipico ponte a 4 estensimetri (SGi; i = 1 ÷ 4) (Fig. 2) la deformazione equivalente è:

$$\varepsilon_{R,P} = \varepsilon_{SG1} - \varepsilon_{SG2} + \varepsilon_{SG3} - \varepsilon_{SG4}$$

Di conseguenza, il ponte di Wheatstone “somma o sottrae” le deformazioni nei punti di applicazione degli estensimetri, in funzione della posizione di applicazione nello schema.

Gli effetti termici sono assunti come totalmente compensati dal ponte: tale assunto è ragionevole per ponti applicati integralmente sullo stesso lato della ruota (in particolare sul lato interno della ruota, permanentemente riparato dalla luce solare).

Per la componente F della forza di contatto ruota-rotaia, la costante di calibrazione $K_{B,P}$, dove B è la configurazione di ponte specifica (completa o metà) applicata nei punti P sul disco ruota al raggio R, viene calcolata con la seguente formula:

$$K_{B,P} = \frac{1}{F} \bar{\varepsilon}_R = \frac{1}{F} \frac{1}{n} \sum_j \varepsilon_{R,P,j}(F, \underline{G}, dR_j)$$

Ove $K_{B,P}$ è funzione di:

– F, componente ricercata della forza di contatto (e.g. Q);

Tabella 1 – Table 1

Sintesi delle condizioni di test per le analisi FEM: valori di forza e punti di applicazione; in grassetto le simulazioni effettivamente eseguite; le altre sono state usate per estendere e validare la linearità del modello

Review of FEM conditions tests: force values and application points; in bold the simulations performed; the other ones are used to extend and validate model linearity

Punto di applicazione dei carichi <i>Load lateral position</i>	dR	[mm]	54, 70, 81
Carico verticale ruota <i>Wheel load</i>	Q	[kN]	50, 60 , 70, 80 , 90
Forza di contatto trasversale <i>Lateral contact force</i>	Y	[kN]	0 , 3, 7, 14, 30, 50, 80
Forza di contatto longitudinale <i>Longitudinal contact force</i>	X	[kN]	0 , 16 , 32 , 35, 50

P on the wheel web, is calculated through the following formula:

$$K_{B,P} = \frac{1}{F} \bar{\varepsilon}_R = \frac{1}{F} \frac{1}{n} \sum_j \varepsilon_{R,P,j}(F, \underline{G}, dR_j)$$

$K_{B,P}$ is a function of:

- F, component of contact force to be measured (e.g. Q);
- $\underline{G}$, vector of influence forces (the other 2 components), e.g. (Y, X) when F (e.g. Q) is measured;
- dR_j wheel-rail contact point distance from wheel reference plane (at the gauge-side of the flange).

Therefore, the parasitic effects induced on the measurement of the single contact force components (Q, Y, X) are considered in the evaluation of the calibration coefficient $K_{B,P}$, without managing the variability of each individual signal (i.e. that given by the sample dispersion of the values ε_{SG1} , ε_{SG2} , ε_{SG3} , ε_{SG4}). The corresponding measurement uncertainty is derived using the simulation results, based on the variability of the general relationship: this derivation (i.e. the determination of the calibration constant) represents the core of the procedure.

The procedure yields a calibration constant that minimises errors for a specific contact-point position (in this work for $dR_j=70$ mm). Future experimental results could suggest a better choice of the contact point depending on the application.

The simulations provide the value $F_{meas,j}$ that would be measured by a system on a running wheel, in which the above calibration constant is used according to the actual load conditions:

$$F_{meas,j} = \frac{1}{K_{B,P}} \varepsilon_{R,P,j}(F, \underline{G}, dR_j)$$

The difference $F_{meas,j} - F$ is an estimate for the error of the measurement system in the specific loading conditions.

- $\underline{G}$, vettore delle grandezze di influenza (le altre 2 componenti di forza), e.g. (Y, X) quando viene misurata Q;
- dR_j distanza del punto di contatto ruota-rotaia dal piano di riferimento della ruota (lato interno del bordino).

Pertanto, gli effetti “parassiti” indotti sulla misurazione dei singoli componenti della forza di contatto (Q, Y, X) sono considerati nella valutazione del coefficiente di calibrazione $K_{B,P}$, senza gestire la variabilità di ogni singolo segnale (cioè quella data dalla dispersione dei valori di ε_{SG1} , ε_{SG2} , ε_{SG3} , ε_{SG4}). L'incertezza di misura corrispondente viene derivata dai risultati della simulazione, in base alla variabilità della relazione generale: questa attività (ovvero la determinazione della costante di calibrazione) rappresenta il nucleo della procedura.

Il risultato di tale procedura è una costante di calibrazione che minimizza gli errori per una specifica posizione del punto di contatto (in questo lavoro per $dR_j=70$ mm); futuri risultati sperimentali potrebbero suggerire miglioramenti nella scelta del punto di contatto di riferimento a seconda del caso di applicazione.

Le simulazioni forniscono il valore della forza $F_{meas,j}$ che verrebbe misurato dal sistema su una ruota in corsa, la cui costante di calibrazione viene determinata in base alle condizioni di carico effettive:

$$F_{meas,j} = \frac{1}{K_{B,P}} \varepsilon_{R,P,j}(F, \underline{G}, dR_j)$$

La differenza $F_{meas,j} - F$ è una stima dell'errore del sistema di misura nelle condizioni di carico specifiche. I seguenti due criteri sono considerati necessari e sufficienti per valutare l'accuratezza della misurazione:

$$E = \left| \frac{1}{n} \sum_j (F_{meas,j} - F) \right| < E_{max}$$

e

$$\sigma = \sqrt{\frac{(F_{meas,j} - F)^2}{n-1}} < \sigma_{max}$$

Entrambe le soglie di accettabilità per E_{max} , σ_{max} sono imposte al 10% del valore nominale in accordo ai risultati sperimentali ([14], [15], [16], [17]). I risultati dei calcoli di cui sopra sono riepilogati in (Tab. 2), divisi per le differenti configurazioni estensimetriche (Tab. 3).

La scelta dei punti di applicazione degli estensimetri è definita dai punti singolari sulle tracce di deformazione radiale (Fig. 3), evidenziando i punti di misura “ottimali” alla possibile applicazione degli estensimetri. Ad esempio, $\varepsilon_{R,A}$ rappresenta la deformazione radiale (R) valutata nel punto A.

- a) A: $\varepsilon_{R,A} = \varepsilon_{R,max}$ deformazione massima e massima sensibilità ad Y: una piccola influenza di Q, (effetto a sua volta di dR) è sempre presente.

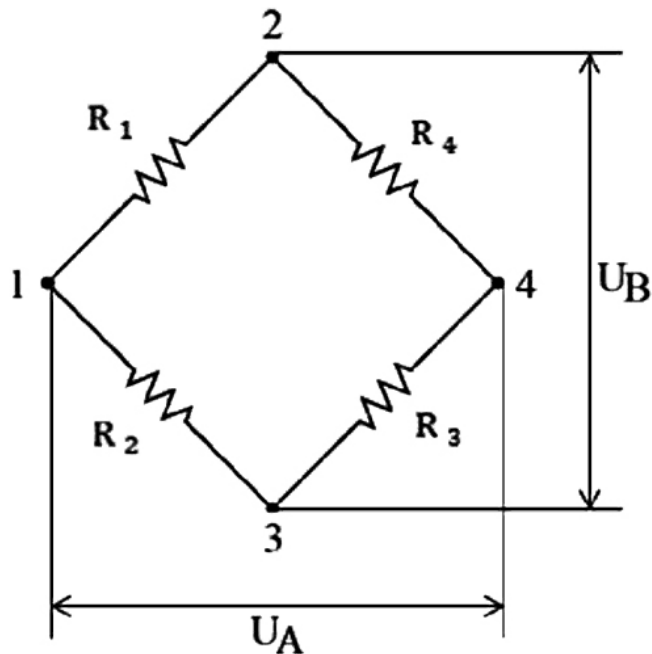


Figura 2 - Schema del ponte di Wheatstone : estensimetri R1...R4 connessi nei nodi 1...4, UB tensione di alimentazione del ponte, UA tensione di uscita (segnali misurati ε_{SG1} , ε_{SG2} , ε_{SG3} , ε_{SG4}).

Figure 2 - Wheatstone classical bridge scheme: R1...R4 strain gauges connected in 1...4 nodal points, UB bridge input voltage, UA bridge output voltage (measurement signals ε_{SG1} , ε_{SG2} , ε_{SG3} , ε_{SG4}).

The following two criteria are considered as necessary and sufficient for the measurement to be assessed as sufficiently accurate:

$$E = \left| \frac{1}{n} \sum_j (F_{meas,j} - F) \right| < E_{max}$$

and

$$\sigma = \sqrt{\frac{(F_{meas,j} - F)^2}{n-1}} < \sigma_{max}$$

Both E_{max} , σ_{max} limit values are set to 10% according to experimental results ([14], [15], [16], [17]). The results of the above calculations are summarised in table form (Tab. 2) below, for the different SG configurations (Tab. 3).

The choice of the points in which the strain gauges are applied are based on key points of the radial strain patterns, as highlighted in Fig. 3 for the “candidate” measurement points. For example, $\varepsilon_{R,A}$ represents the radial (R) strain evaluated at point A.

- a) A: $\varepsilon_{R,A} = \varepsilon_{R,max}$ maximum strain, and maximum sensitivity to Y. A small effect of Q, (related to dR) is in any case detected.

Tabella 2 – Table 2

Riepilogo dei calcoli per $Q = 70$ kN, errore medio e deviazione Std sono evidenziate in colore per ogni configurazione estensimetrica

Calculation summary table for $Q = 70$ kN, Avg Error and Std Dev highlighted in colour for each configuration

PONTE INTERNO VERTICALE_sezione di misura verticale, lato interno ruota - DIAMETRAL FULL BRIDGE_vertical section, Wheel inner side														
Incertezze di misura per punto di applicazione estensimetro in funzione dei carichi e punto di contatto														
Measurement uncertainties each SG "candidate" point, function of loads and contact point														
Punto A - Point A, R _A = 174mm Condizioni di carico - Load conditions					Deformazione evidenziata Detected strain [µε]	Q "meas" = ε /Kb (Q) - (ε /Kb (Q) - ε /Kb (Q)			Y "meas"= ε /Kb (Y) - (ε /Kb (Y) - ε /Kb (Y)			X "meas"= ε /Kb (X) - (ε /Kb (X) - ε /Kb (X)		
Test #	Q [kN]	Y [kN]	X [kN]	dR [mm]		Q	Q	Q)^2	ε /Kb (Y)	Y	Y)^2	ε /Kb (X)	X	X)^2
1	70	0	50	70	85	79	9	90	-2	-2	6	N/A	N/A	N/A
2	70	50	50	70	-1676	-1569	-1639	2685995	48	-2	6	N/A	N/A	N/A
3	70	0	50	54	-1	-1	-71	5044	0	0	0	N/A	N/A	N/A
4	70	50	50	54	-1767	-1654	-1724	2972288	50	0	0	N/A	N/A	N/A
5	70	0	50	81	141	132	62	3788	-4	-4	16	N/A	N/A	N/A
6	70	50	50	81	-1620	-1516	-1586	2514889	46	-4	16	N/A	N/A	N/A
Avg Error [µε] - Std. Dev [µε]							-825	1279		-2	3			N/A

NB: il calcolo dei parametri relativi alla componente X non è applicabile (N/A), dal momento che l'effetto sulla deformazione radiale sul raggio di misura verticale risulta essere nullo.

NB: the parameters' calculation related to contact force X is not applicable (N/A), since the radial strain effects are nil at the measuring points on the vertical radii of the wheel disk.

Punto B - Point B, $R_B = 307$ mm Condizioni di carico - Load conditions					Deformazione evidenziata Detected strain [$\mu\epsilon$]	Q "meas" = $\epsilon / Kb (Q) - (\epsilon / Kb (Q) - \epsilon / Kb (Q))^2$			Y "meas" = $\epsilon / Kb (Y) - (\epsilon / Kb (Y) - \epsilon / Kb (Y))^2$			X "meas" = $\epsilon / Kb (X) - (\epsilon / Kb (X) - \epsilon / Kb (X))^2$		
Test #	Q [kN]	Y [kN]	X [kN]	dR [mm]		$\epsilon / Kb (Q)$	Q	Q^2	$\epsilon / Kb (Y)$	Y	Y^2	$\epsilon / Kb (X)$	X	X^2
1	70	0	50	70	-261	69	-1	1	-102588	-102588	10524365873	N/A	N/A	N/A
2	70	50	50	70	-261	69	-1	1	-102536	-102586	10523889052	N/A	N/A	N/A
3	70	0	50	54	-288	76	6	39	-112927	-112927	12752586542	N/A	N/A	N/A
4	70	50	50	54	-287	76	6	38	-112878	-112928	12752746270	N/A	N/A	N/A
5	70	0	50	81	-243	65	-5	30	-95548	-95548	9129405918	N/A	N/A	N/A
6	70	50	50	81	-243	64	-6	31	-95500	-95550	9129714878	N/A	N/A	N/A
Avg Error [$\mu\epsilon$] - Std. Dev [$\mu\epsilon$]						0	5		-103688	113853		N/A		

Punto C - Point C, $R_C = 351$ mm Condizioni di carico - Load conditions					Deformazione evidenziata Detected strain [$\mu\epsilon$]	Q "meas" = $\epsilon / Kb (Q) - (\epsilon / Kb (Q) - \epsilon / Kb (Q))^2$			Y "meas" = $\epsilon / Kb (Y) - (\epsilon / Kb (Y) - \epsilon / Kb (Y))^2$			X "meas" = $\epsilon / Kb (X) - (\epsilon / Kb (X) - \epsilon / Kb (X))^2$		
Test #	Q [kN]	Y [kN]	X [kN]	dR [mm]		$\epsilon / Kb (Q)$	Q	Q^2	$\epsilon / Kb (Y)$	Y	Y^2	$\epsilon / Kb (X)$	X	X^2
1	70	0	50	70	-244	70	0	0	-12	-12	156	N/A	N/A	N/A
2	70	50	50	70	730	-210	-280	78282	37	-13	158	N/A	N/A	N/A
3	70	0	50	54	-254	73	3	9	-13	-13	169	N/A	N/A	N/A
4	70	50	50	54	725	-208	-278	77447	37	-13	164	N/A	N/A	N/A
5	70	0	50	81	-233	67	-3	9	-12	-12	143	N/A	N/A	N/A
6	70	50	50	81	739	-212	-282	79682	38	-12	147	N/A	N/A	N/A
Avg Error [$\mu\epsilon$] - Std. Dev [$\mu\epsilon$]						-140	217		-12	14		N/A		

Punto D - Point D, $R_D = 210 \pm 10$ mm Condizioni di carico - Load conditions					Deformazione evidenziata Detected strain [$\mu\epsilon$]	Q "meas" = $\epsilon / Kb (Q) - (\epsilon / Kb (Q) - \epsilon / Kb (Q))^2$			Y "meas" = $\epsilon / Kb (Y) - (\epsilon / Kb (Y) - \epsilon / Kb (Y))^2$			X "meas" = $\epsilon / Kb (X) - (\epsilon / Kb (X) - \epsilon / Kb (X))^2$		
Test #	Q [kN]	Y [kN]	X [kN]	dR [mm]		$\epsilon / Kb (Q)$	Q	Q^2	$\epsilon / Kb (Y)$	Y	Y^2	$\epsilon / Kb (X)$	X	X^2
1	70	0	50	70	1	5	-65	4249	0	0	0	N/A	N/A	N/A
2	70	50	50	70	-1435	-10996	-11066	122466124	48	-2	6	N/A	N/A	N/A
3	70	0	50	54	-10	-76	-146	21176	0	0	0	N/A	N/A	N/A
4	70	50	50	54	-1703	-13054	-13124	172236059	56	6	42	N/A	N/A	N/A
5	70	0	50	81	37	281	211	44396	-1	-1	1	N/A	N/A	N/A
6	70	50	50	81	-1360	-10422	-10492	110086054	45	-5	24	N/A	N/A	N/A
Avg Error [$\mu\epsilon$] - Std. Dev [$\mu\epsilon$]						-5780	8998		0	4		N/A		

Riepilogo - Results summary														
Condizioni di carico simulate Load conditions for all tests						Q int_Q70Y00dR70_x50			Y int_Q70Y00dR70_x50			X int_Q70Y00dR70_x50		
Test #	Point	Q Y				Kt (Q)	Avg. Error		Kt (Y)	Avg. Error		Kt (X)	Avg. Error	
		[kN]	[kN]	X [kN]	dR [mm]		Q [µε]	Std Dev Q [µε]		Y [µε]	Std Dev Y [µε]		Y [µε]	Std Dev Y [µε]
1; 2; 3; 4; 5; 6	A	70	0; 50	50	54;70;81	1.07	-825	1279	-35.25	-2	3	N/A	0	0
1; 2; 3; 4; 5; 6	B	70	0; 50	50	54;70;81	-3.77	0	5	0.00	-103688	113853	N/A	0	0
1; 2; 3; 4; 5; 6	C	70	0; 50	50	54;70;81	-3.48	-140	217	19.50	-12	14	N/A	0	0
1; 2; 3; 4; 5; 6	D	70	0; 50	50	54;70;81	0.13	-5780	8998	-30.17	0	4	N/A	0	0

Tabella 3 – Table 3

Riepilogo delle configurazioni di ponte estensimetrico
SG Bridge configuration summary

Acceptance Values Summary																																																																																																																						
Error %					min max																																																																																																																	
E % < Vs%					0% 10%																																																																																																																	
Vs% < E % < Vamm%					10% 25%																																																																																																																	
Std. Dev. %					0% 10%																																																																																																																	
D std % < Vs%					0% 10%																																																																																																																	
Vs% < D std % < Vamm%					10% 25%																																																																																																																	
1.	Single Strain Gauge - POINTS A-B-C-D_lower vertical section				<table><tr><th colspan="5">Inner wheel side</th><th colspan="5"></th></tr><tr><th>Point</th><th>Kt (Q)</th><th>Q meas*</th><th>Err%</th><th>Dev Std %</th><th>Kt (Y)</th><th>Y meas*</th><th>Err%</th><th>Dev Std %</th><th></th></tr><tr><td>A</td><td>0.2744</td><td>70</td><td>1630%</td><td>2527%</td><td>-12.5237</td><td>50</td><td>3%</td><td>5%</td><td>N/A</td></tr><tr><td>B</td><td>-1.7712</td><td>70</td><td>0%</td><td>11%</td><td>0.0000</td><td>50</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td></tr><tr><td>C</td><td>-1.5144</td><td>70</td><td>142%</td><td>221%</td><td>6.0314</td><td>50</td><td>35%</td><td>39%</td><td>N/A</td></tr><tr><td>D</td><td>0.0087</td><td>70</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>-11.3465</td><td>50</td><td>0%</td><td>5%</td><td>N/A</td></tr></table>	Inner wheel side										Point	Kt (Q)	Q meas*	Err%	Dev Std %	Kt (Y)	Y meas*	Err%	Dev Std %		A	0.2744	70	1630%	2527%	-12.5237	50	3%	5%	N/A	B	-1.7712	70	0%	11%	0.0000	50	N/A	N/A	N/A	C	-1.5144	70	142%	221%	6.0314	50	35%	39%	N/A	D	0.0087	70	N/A	N/A	-11.3465	50	0%	5%	N/A			<table><tr><th colspan="5">Admittable solution</th><th colspan="5"></th></tr><tr><th>Q Int</th><th>Y Int</th><th>X Int</th><th></th><th></th><th>Q Int</th><th>Y Int</th><th>X Int</th><th></th><th></th></tr><tr><td>-</td><td>TRUE</td><td>N/A</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>TRUE</td><td>N/A</td><td>-</td><td>-</td></tr><tr><td>-</td><td>-</td><td>N/A</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>N/A</td><td>-</td><td>-</td></tr><tr><td>-</td><td>-</td><td>TRUE</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>TRUE</td><td>-</td><td>-</td></tr></table>	Admittable solution										Q Int	Y Int	X Int			Q Int	Y Int	X Int			-	TRUE	N/A	-	-	-	TRUE	N/A	-	-	-	-	N/A	-	-	-	-	N/A	-	-	-	-	TRUE	-	-	-	-	TRUE	-	-
Inner wheel side																																																																																																																						
Point	Kt (Q)	Q meas*	Err%	Dev Std %	Kt (Y)	Y meas*	Err%	Dev Std %																																																																																																														
A	0.2744	70	1630%	2527%	-12.5237	50	3%	5%	N/A																																																																																																													
B	-1.7712	70	0%	11%	0.0000	50	N/A	N/A	N/A																																																																																																													
C	-1.5144	70	142%	221%	6.0314	50	35%	39%	N/A																																																																																																													
D	0.0087	70	N/A	N/A	-11.3465	50	0%	5%	N/A																																																																																																													
Admittable solution																																																																																																																						
Q Int	Y Int	X Int			Q Int	Y Int	X Int																																																																																																															
-	TRUE	N/A	-	-	-	TRUE	N/A	-	-																																																																																																													
-	-	N/A	-	-	-	-	N/A	-	-																																																																																																													
-	-	TRUE	-	-	-	-	TRUE	-	-																																																																																																													
2.	DIAMETRAL FULL BRIDGE_upper vertical section				<table><tr><th colspan="5">Inner wheel side</th><th colspan="5"></th></tr><tr><th>Point</th><th>Kt (Q)</th><th>Q meas*</th><th>Err%</th><th>Dev Std %</th><th>Kt (Y)</th><th>Y meas*</th><th>Err%</th><th>Dev Std %</th><th></th></tr><tr><td>A</td><td>1.0685</td><td>70</td><td>1178%</td><td>1827%</td><td>-35.2531</td><td>50</td><td>4%</td><td>6%</td><td>N/A</td></tr><tr><td>B</td><td>-3.7712</td><td>70</td><td>0%</td><td>8%</td><td>0.0025</td><td>50</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td></tr><tr><td>C</td><td>-3.4807</td><td>70</td><td>200%</td><td>310%</td><td>19.5004</td><td>50</td><td>25%</td><td>27%</td><td>N/A</td></tr><tr><td>D</td><td>0.1305</td><td>70</td><td>8258%</td><td>12855%</td><td>-30.1732</td><td>50</td><td>1%</td><td>8%</td><td>N/A</td></tr></table>	Inner wheel side										Point	Kt (Q)	Q meas*	Err%	Dev Std %	Kt (Y)	Y meas*	Err%	Dev Std %		A	1.0685	70	1178%	1827%	-35.2531	50	4%	6%	N/A	B	-3.7712	70	0%	8%	0.0025	50	N/A	N/A	N/A	C	-3.4807	70	200%	310%	19.5004	50	25%	27%	N/A	D	0.1305	70	8258%	12855%	-30.1732	50	1%	8%	N/A			<table><tr><th colspan="5">Admittable solution</th><th colspan="5"></th></tr><tr><th>Q Int</th><th>Y Int</th><th>X Int</th><th></th><th></th><th>Q Int</th><th>Y Int</th><th>X Int</th><th></th><th></th></tr><tr><td>-</td><td>TRUE</td><td>N/A</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>TRUE</td><td>N/A</td><td>-</td><td>-</td></tr><tr><td>-</td><td>TRUE</td><td>N/A</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>N/A</td><td>-</td><td>-</td></tr><tr><td>-</td><td>-</td><td>TRUE</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>TRUE</td><td>-</td><td>-</td></tr></table>	Admittable solution										Q Int	Y Int	X Int			Q Int	Y Int	X Int			-	TRUE	N/A	-	-	-	TRUE	N/A	-	-	-	TRUE	N/A	-	-	-	-	N/A	-	-	-	-	TRUE	-	-	-	-	TRUE	-	-
Inner wheel side																																																																																																																						
Point	Kt (Q)	Q meas*	Err%	Dev Std %	Kt (Y)	Y meas*	Err%	Dev Std %																																																																																																														
A	1.0685	70	1178%	1827%	-35.2531	50	4%	6%	N/A																																																																																																													
B	-3.7712	70	0%	8%	0.0025	50	N/A	N/A	N/A																																																																																																													
C	-3.4807	70	200%	310%	19.5004	50	25%	27%	N/A																																																																																																													
D	0.1305	70	8258%	12855%	-30.1732	50	1%	8%	N/A																																																																																																													
Admittable solution																																																																																																																						
Q Int	Y Int	X Int			Q Int	Y Int	X Int																																																																																																															
-	TRUE	N/A	-	-	-	TRUE	N/A	-	-																																																																																																													
-	TRUE	N/A	-	-	-	-	N/A	-	-																																																																																																													
-	-	TRUE	-	-	-	-	TRUE	-	-																																																																																																													
3.	DIAMETRAL FULL BRIDGE_lower horizontal section				<table><tr><th colspan="5">Inner wheel side</th><th colspan="5"></th></tr><tr><th>Point</th><th>Kt (Q)</th><th>Q meas*</th><th>Err%</th><th>Dev Std %</th><th>Kt (Y)</th><th>Y meas*</th><th>Err%</th><th>Dev Std %</th><th></th></tr><tr><td>A</td><td>0.0000</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>0.0000</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>76%</td></tr><tr><td>B</td><td>0.0000</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>0.9663</td><td>50</td><td>5%</td><td>5%</td><td>76%</td></tr><tr><td>C</td><td>0.0000</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>-1.4280</td><td>50</td><td>5%</td><td>5%</td><td>45%</td></tr><tr><td>D</td><td>0.0000</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>-1.3481</td><td>50</td><td>10%</td><td>10%</td><td>100%</td></tr></table>	Inner wheel side										Point	Kt (Q)	Q meas*	Err%	Dev Std %	Kt (Y)	Y meas*	Err%	Dev Std %		A	0.0000	N/A	N/A	N/A	0.0000	N/A	N/A	N/A	76%	B	0.0000	N/A	N/A	N/A	0.9663	50	5%	5%	76%	C	0.0000	N/A	N/A	N/A	-1.4280	50	5%	5%	45%	D	0.0000	N/A	N/A	N/A	-1.3481	50	10%	10%	100%			<table><tr><th colspan="5">Admittable solution</th><th colspan="5"></th></tr><tr><th>Q Int</th><th>Y Int</th><th>X Int</th><th></th><th></th><th>Q Int</th><th>Y Int</th><th>X Int</th><th></th><th></th></tr><tr><td>N/A</td><td>N/A</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr><tr><td>N/A</td><td>N/A</td><td>TRUE</td><td>-</td><td>-</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>TRUE</td><td>-</td><td>-</td></tr><tr><td>N/A</td><td>N/A</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr></table>	Admittable solution										Q Int	Y Int	X Int			Q Int	Y Int	X Int			N/A	N/A	-	-	-	N/A	N/A	-	-	-	N/A	N/A	TRUE	-	-	N/A	N/A	TRUE	-	-	N/A	N/A	-	-	-	N/A	N/A	-	-	-
Inner wheel side																																																																																																																						
Point	Kt (Q)	Q meas*	Err%	Dev Std %	Kt (Y)	Y meas*	Err%	Dev Std %																																																																																																														
A	0.0000	N/A	N/A	N/A	0.0000	N/A	N/A	N/A	76%																																																																																																													
B	0.0000	N/A	N/A	N/A	0.9663	50	5%	5%	76%																																																																																																													
C	0.0000	N/A	N/A	N/A	-1.4280	50	5%	5%	45%																																																																																																													
D	0.0000	N/A	N/A	N/A	-1.3481	50	10%	10%	100%																																																																																																													
Admittable solution																																																																																																																						
Q Int	Y Int	X Int			Q Int	Y Int	X Int																																																																																																															
N/A	N/A	-	-	-	N/A	N/A	-	-	-																																																																																																													
N/A	N/A	TRUE	-	-	N/A	N/A	TRUE	-	-																																																																																																													
N/A	N/A	-	-	-	N/A	N/A	-	-	-																																																																																																													
4.	"L" FULL BRIDGE_lower vertical - right horizontal radii				<table><tr><th colspan="5">Inner wheel side</th><th colspan="5"></th></tr><tr><th>Point</th><th>Kt (Q)</th><th>Q meas*</th><th>Err%</th><th>Dev Std %</th><th>Kt (Y)</th><th>Y meas*</th><th>Err%</th><th>Dev Std %</th><th></th></tr><tr><td>A</td><td>0.3295</td><td>70</td><td>2416%</td><td>3748%</td><td>-22.2915</td><td>50</td><td>2%</td><td>3%</td><td>1259%</td></tr><tr><td>B</td><td>-3.6888</td><td>70</td><td>0%</td><td>14%</td><td>-0.0036</td><td>50</td><td>#####</td><td>#####</td><td>495%</td></tr><tr><td>C</td><td>-2.9298</td><td>70</td><td>88%</td><td>137%</td><td>7.1948</td><td>50</td><td>57%</td><td>63%</td><td>337%</td></tr><tr><td>D</td><td>-0.1332</td><td>70</td><td>5526%</td><td>8578%</td><td>-20.6166</td><td>50</td><td>1%</td><td>1%</td><td>3431%</td></tr></table>	Inner wheel side										Point	Kt (Q)	Q meas*	Err%	Dev Std %	Kt (Y)	Y meas*	Err%	Dev Std %		A	0.3295	70	2416%	3748%	-22.2915	50	2%	3%	1259%	B	-3.6888	70	0%	14%	-0.0036	50	#####	#####	495%	C	-2.9298	70	88%	137%	7.1948	50	57%	63%	337%	D	-0.1332	70	5526%	8578%	-20.6166	50	1%	1%	3431%			<table><tr><th colspan="5">Admittable solution</th><th colspan="5"></th></tr><tr><th>Q Int</th><th>Y Int</th><th>X Int</th><th></th><th></th><th>Q Int</th><th>Y Int</th><th>X Int</th><th></th><th></th></tr><tr><td>-</td><td>TRUE</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>TRUE</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr><tr><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr><tr><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr></table>	Admittable solution										Q Int	Y Int	X Int			Q Int	Y Int	X Int			-	TRUE	-	-	-	-	TRUE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Inner wheel side																																																																																																																						
Point	Kt (Q)	Q meas*	Err%	Dev Std %	Kt (Y)	Y meas*	Err%	Dev Std %																																																																																																														
A	0.3295	70	2416%	3748%	-22.2915	50	2%	3%	1259%																																																																																																													
B	-3.6888	70	0%	14%	-0.0036	50	#####	#####	495%																																																																																																													
C	-2.9298	70	88%	137%	7.1948	50	57%	63%	337%																																																																																																													
D	-0.1332	70	5526%	8578%	-20.6166	50	1%	1%	3431%																																																																																																													
Admittable solution																																																																																																																						
Q Int	Y Int	X Int			Q Int	Y Int	X Int																																																																																																															
-	TRUE	-	-	-	-	TRUE	-	-	-																																																																																																													
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																													
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																													
5.	CROSS FULL BRIDGE				<table><tr><th colspan="5">Inner wheel side</th><th colspan="5"></th></tr><tr><th>Point</th><th>Kt (Q)</th><th>Q meas*</th><th>Err%</th><th>Dev Std %</th><th>Kt (Y)</th><th>Y meas*</th><th>Err%</th><th>Dev Std %</th><th></th></tr><tr><td>A</td><td>-1.7325</td><td>70</td><td>96%</td><td>150%</td><td>-4.6650</td><td>50</td><td>52%</td><td>58%</td><td>N/A</td></tr><tr><td>B</td><td>-0.4817</td><td>70</td><td>2%</td><td>218%</td><td>-0.0243</td><td>50</td><td>2775%</td><td>6776%</td><td>11845%</td></tr><tr><td>C</td><td>-1.1895</td><td>70</td><td>51%</td><td>84%</td><td>0.0538</td><td>50</td><td>1336%</td><td>2161%</td><td>2129%</td></tr><tr><td>D</td><td>-0.2830</td><td>70</td><td>576%</td><td>896%</td><td>-4.5679</td><td>50</td><td>3%</td><td>11%</td><td>N/A</td></tr></table>	Inner wheel side										Point	Kt (Q)	Q meas*	Err%	Dev Std %	Kt (Y)	Y meas*	Err%	Dev Std %		A	-1.7325	70	96%	150%	-4.6650	50	52%	58%	N/A	B	-0.4817	70	2%	218%	-0.0243	50	2775%	6776%	11845%	C	-1.1895	70	51%	84%	0.0538	50	1336%	2161%	2129%	D	-0.2830	70	576%	896%	-4.5679	50	3%	11%	N/A			<table><tr><th colspan="5">Admittable solution</th><th colspan="5"></th></tr><tr><th>Q Int</th><th>Y Int</th><th>X Int</th><th></th><th></th><th>Q Int</th><th>Y Int</th><th>X Int</th><th></th><th></th></tr><tr><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr><tr><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr><tr><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr></table>	Admittable solution										Q Int	Y Int	X Int			Q Int	Y Int	X Int			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Inner wheel side																																																																																																																						
Point	Kt (Q)	Q meas*	Err%	Dev Std %	Kt (Y)	Y meas*	Err%	Dev Std %																																																																																																														
A	-1.7325	70	96%	150%	-4.6650	50	52%	58%	N/A																																																																																																													
B	-0.4817	70	2%	218%	-0.0243	50	2775%	6776%	11845%																																																																																																													
C	-1.1895	70	51%	84%	0.0538	50	1336%	2161%	2129%																																																																																																													
D	-0.2830	70	576%	896%	-4.5679	50	3%	11%	N/A																																																																																																													
Admittable solution																																																																																																																						
Q Int	Y Int	X Int			Q Int	Y Int	X Int																																																																																																															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																													
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																													
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																													
6.	Combination of A and C (to maximize Y and neglect Q) A-C (FB opposite sides), A-C (RB adjacent sides), AI-CI+AS-CS, AI+CI-AS-CS				<table><tr><th colspan="5">Inner wheel side</th><th colspan="5"></th></tr><tr><th>Config</th><th>Kt (Q)</th><th>Q meas*</th><th>Err%</th><th>Dev Std %</th><th>Kt (Y)</th><th>Y meas*</th><th>Err%</th><th>Dev Std %</th><th></th></tr><tr><td>A-C</td><td>1.7888</td><td>70</td><td>370%</td><td>574%</td><td>-18.5551</td><td>50</td><td>13%</td><td>15%</td><td>N/A</td></tr><tr><td>A+C</td><td>-1.2400</td><td>70</td><td>187%</td><td>292%</td><td>-6.4924</td><td>50</td><td>27%</td><td>31%</td><td>N/A</td></tr><tr><td>AI-CI+AS-CS</td><td>3.5776</td><td>70</td><td>370%</td><td>574%</td><td>-37.1103</td><td>50</td><td>13%</td><td>15%</td><td>N/A</td></tr><tr><td>AI+CI-AS-CS</td><td>-2.4799</td><td>70</td><td>187%</td><td>292%</td><td>-12.9847</td><td>50</td><td>27%</td><td>31%</td><td>N/A</td></tr></table>	Inner wheel side										Config	Kt (Q)	Q meas*	Err%	Dev Std %	Kt (Y)	Y meas*	Err%	Dev Std %		A-C	1.7888	70	370%	574%	-18.5551	50	13%	15%	N/A	A+C	-1.2400	70	187%	292%	-6.4924	50	27%	31%	N/A	AI-CI+AS-CS	3.5776	70	370%	574%	-37.1103	50	13%	15%	N/A	AI+CI-AS-CS	-2.4799	70	187%	292%	-12.9847	50	27%	31%	N/A			<table><tr><th colspan="5">Admittable solution</th><th colspan="5"></th></tr><tr><th>Q Int</th><th>Y Int</th><th>X Int</th><th></th><th></th><th>Q Int</th><th>Y Int</th><th>X Int</th><th></th><th></th></tr><tr><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr><tr><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr><tr><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr></table>	Admittable solution										Q Int	Y Int	X Int			Q Int	Y Int	X Int			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Inner wheel side																																																																																																																						
Config	Kt (Q)	Q meas*	Err%	Dev Std %	Kt (Y)	Y meas*	Err%	Dev Std %																																																																																																														
A-C	1.7888	70	370%	574%	-18.5551	50	13%	15%	N/A																																																																																																													
A+C	-1.2400	70	187%	292%	-6.4924	50	27%	31%	N/A																																																																																																													
AI-CI+AS-CS	3.5776	70	370%	574%	-37.1103	50	13%	15%	N/A																																																																																																													
AI+CI-AS-CS	-2.4799	70	187%	292%	-12.9847	50	27%	31%	N/A																																																																																																													
Admittable solution																																																																																																																						
Q Int	Y Int	X Int			Q Int	Y Int	X Int																																																																																																															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																													
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																													
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																													

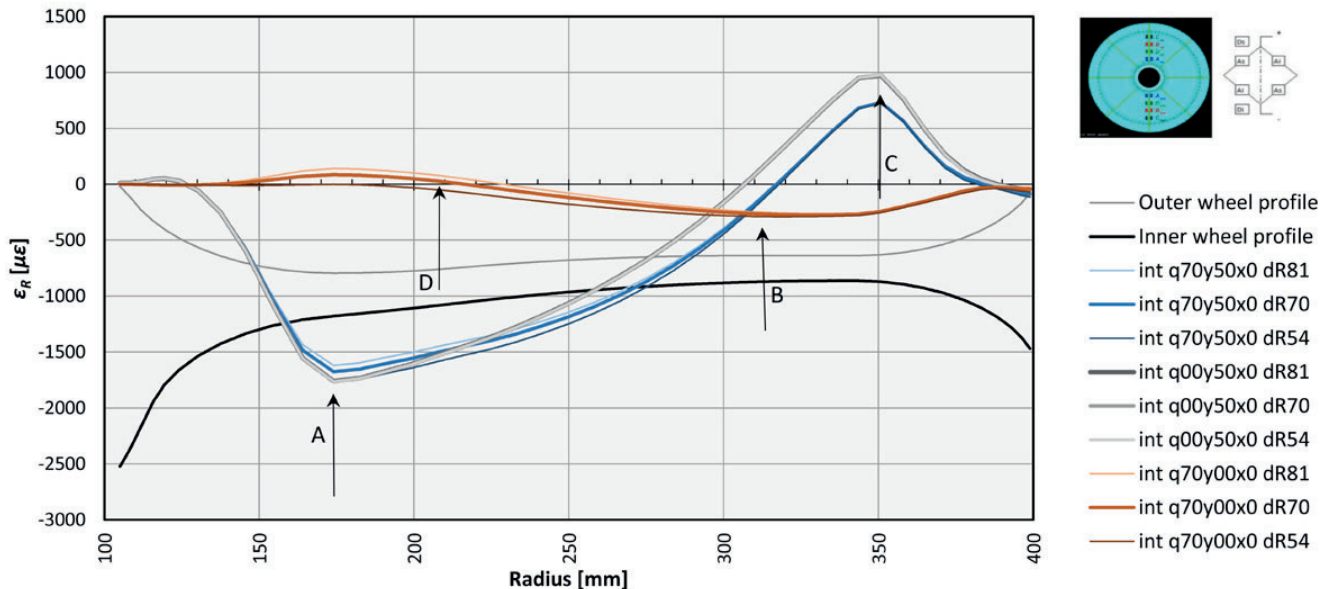
$\varepsilon_{R,int,0}$ Radial strain pattern, full bridge on inner vertical diameter X=0kN

Figura 3 - Deformazione radiale equivalente $\varepsilon_{R,int,0}$ per una simulazione di ponte intero (lato interno del disco ruota - int): $Q=80$ kN; $Y=0$ kN, 80 kN; $X=0$ kN; $dR=54$ mm, 70 mm, 81 mm, posizioni radiali degli estensimetri $x_0: 0^\circ, 180^\circ$. Le posizioni radiali degli estensimetri sono state identificate grazie alle indicazioni derivate dai punti A, B, C, D prima descritti.

Figure 3 - Equivalent radial strain $\varepsilon_{R,int,0}$ for a full bridge simulation (inner side of wheel disc - int): $Q=80$ kN; $Y=0$ kN, 80 kN; $X=0$ kN; $dR=54$ mm, 70 mm, 81 mm, radial position of strain gauges $x_0: 0^\circ, 180^\circ$. The strain gauge radial positions were identified with the help of indications derived from points A, B, C, D as described above.

- b) $B: \varepsilon_{R,B} = \varepsilon_R(Q, dR)$ indipendenza della deformazione da Y , viene rilevata solo Q senza sensibile influenza di dR sulla sua quota radiale;
- c) $C: \varepsilon_{R,C} = \varepsilon_{min}$ minimo locale della curva di deformazione data da Y (segno opposto rispetto alla deformazione in A), nella zona tra la circonferenza passante in B ed il cerchione;
- d) $D: \varepsilon_{R,D} = \varepsilon_R(Y, dR)$ indipendenza della deformazione da Q ; dal momento che la sua quota radiale è fortemente influenzata da dR , una condizione di riferimento è necessaria per D , ed imposta come corrispondente alla condizione di ruota centrata ($dR=70$).
- b) $B: \varepsilon_{R,B} = \varepsilon_R(Q, dR)$ strain independence from Y , only Q is detected with no practical influence of dR on its radial position;
- c) $C: \varepsilon_{R,C} = \varepsilon_{min}$ local minimum of Y strain pattern (strain of opposite sign respect to the one in A), in the area between B-circle and rim;
- d) $D: \varepsilon_{R,D} = \varepsilon_R(Y, dR)$ strain independence from Q ; since its radial position is strongly influenced by dR , a reference position for D is needed, so the radius corresponding to the centered axle condition ($dR=70$) was chosen.

2.3. Accuratezza di misura al variare della configurazione estensimetrica

2.3.1. Risultati della simulazione statica

Le configurazioni estensimetriche proposte hanno portato a stimare che nessuna ad 1 canale/ruota soddisfa i criteri di accettazione per il campionamento basato sulla distanza (DBS) (cfr. n. 1 nella Tab. 3). Le principali cause di incertezza di misura per queste configurazioni derivano dall'accoppiamento di Q ed Y e dall'asimmetria del campo di deformazione dovuta agli effetti della componente longitudinale X . Nessuna delle combinazioni mostrate sopra

2.3. Achievable accuracy for the different strain gauge configurations

2.3.1. Results of the static modelling

The screening described above led to the conclusion that no 1-channel/wheel configuration satisfied the acceptance criteria for Distance Based Sampling (DBS) (n. 1 on Tab. 3). The main uncertainty causes for these configurations were the coupling of Q , Y and the asymmetry of the strain field due to X . None of the combinations shown above led to the identification of a constant calibration factor ($K_{B,p}$) characterised by acceptable error.

Bridges with gauges at different radii alternately measuring different force components were also explored (n. 6

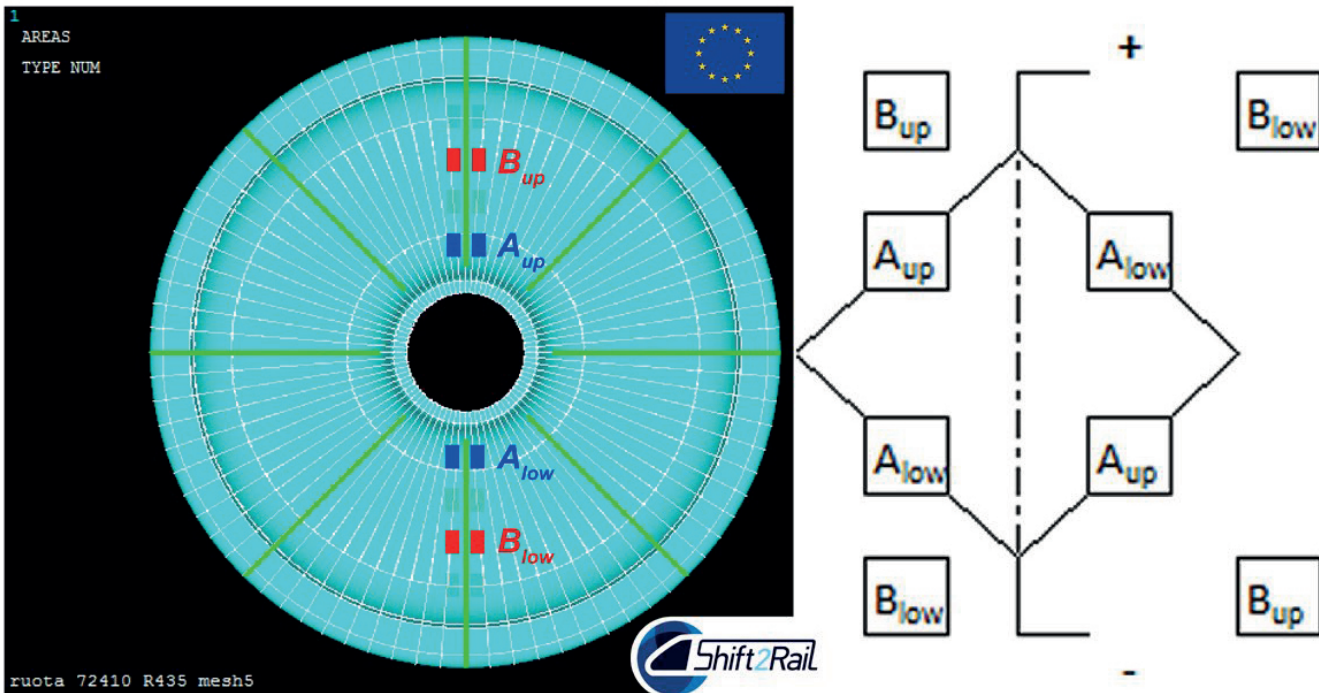


Figura 4 - Configurazione adottata alla misura: ponti interi rispettivamente in A (Y) e B (Q, X), lato interno della ruota.
Figure 4 - Adopted configuration: Full Bridges respectively in A (Y) and B (Q, X) on the inner side of the wheel.

ha portato all'identificazione di un fattore di calibrazione costante ($K_{B,p}$) avente errore accettabile.

Sono state anche verificate configurazioni di ponti con estensimetri applicati a diversi raggi di misura, con derivazione alternata delle componenti di forza (cfr. n. 6 di Tab. 3). Tuttavia, non sono stati raggiunti risultati di interesse applicativo a causa dell'accoppiamento delle componenti delle forze di contatto e dell'influenza della variabilità della distanza dR.

A seguire (Fig. 4 e Tab. 4) nel processo, sono state

of Tab. 3); no relevant results were achieved because of the coupling of the force components and the influence of dR.

As a following step, 2-channel/wheel configurations were explored (n. 2 – 3 – 4 – 5 of Tab. 3), with more significant results. Different configurations achieved the requirements, resulting suitable mainly for the inner side of the wheel, specifically the requirements for Y were achieved by two schemes (n. 2 – 3), whereas only one scheme (n. 2) was appropriate for measuring Q. So, the simplest configuration (n. 2) proves to be the most suitable and flexible: diametric full bridge, connecting strain gauges on opposite

Tabella 4 – Table 4

Disamina delle configurazioni per $Q = 70\text{kN}$, Q, Y vengono campionate sul piano verticale, viceversa X sul piano orizzontale (config. 2, 3 in Fig. 2)

Configuration screening for $Q = 70\text{kN}$, Q, Y sampled on the vertical plane, X sampled on the horizontal one (config. 2, 3 of Fig. 2)

Schema adottato: ponte intero ($P_{low} - P_{up}$) sul lato interno del disco ruota Selected scheme: Full bridge ($P_{low} - P_{up}$) on the inner side of the wheel												
Punto Point	Q: misura letta sul piano verticale Q: FB on vertical plane				Y: misura letta sul piano verticale Y: FB on vertical plane				X: misura letta sul piano orizzontale X: FB on horizontal plane			
	Kt (Q)	Q mis	Err %	Dev Std %	Kt (Y)	Y mis	Err %	Std dev %	Kt (X)	X mis	Err %	Std dev %
A	1.069	70	1178%	1827%	-35.253	50	4%	6%	0.966	50	0%	76%
B	-3.771	70	0%	8%	0.003	50	>10 ⁵	>10 ⁵	-1.428	50	0%	5%
C	-3.481	70	200%	310%	19.500	50	25%	27%	-1.348	50	10%	45%
D	0.131	70	8258%	12855%	-30.173	50	1%	8%	0.391	50	0%	100%

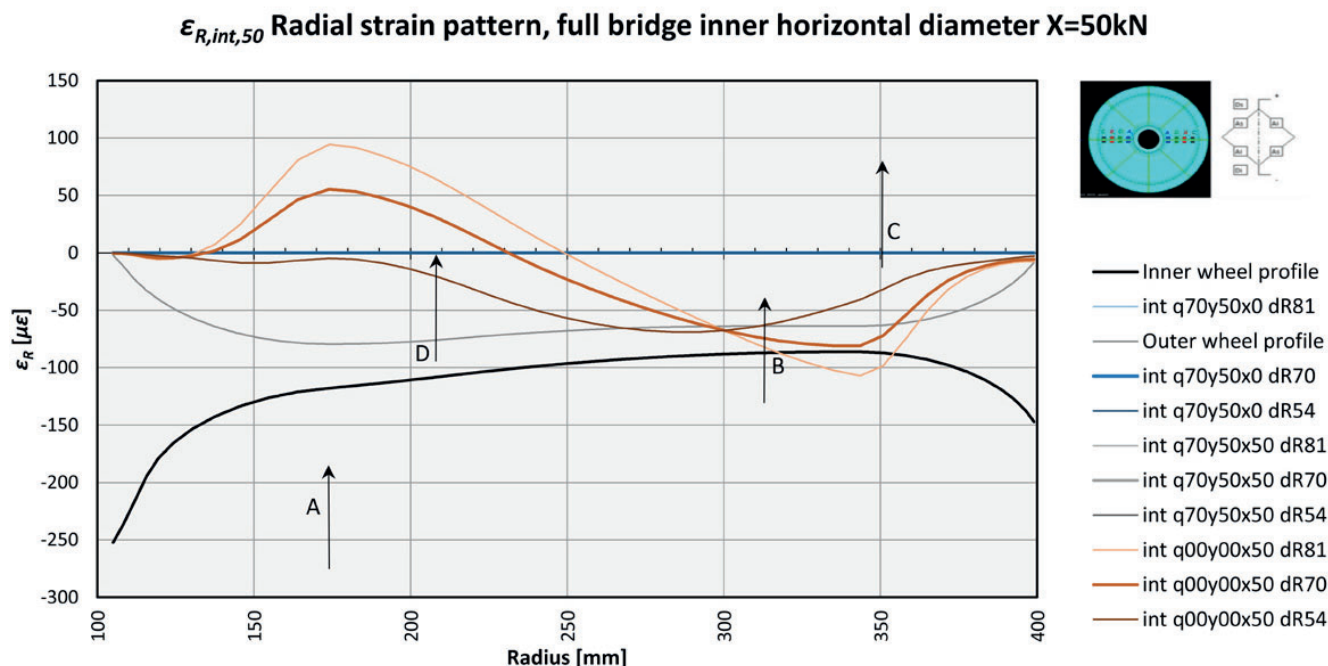


Figura 5 - Deformazione equivalente per un ponte intero (lato interno ruota), X = 50kN.

Figure 5 - Equivalent strain for a full bridge on the horizontal (inner side), X = 50kN.

esplorate configurazioni a 2 canali/ruota (cfr. n. 2 - 3 - 4 - 5 di Tab. 3), con risultati più significativi. Diverse configurazioni hanno soddisfatto i requisiti, specialmente per il lato interno della ruota; in particolar modo quelli per Y sono stati raggiunti per due schemi (n. 2 e n. 3), mentre solo uno (il n. 2) è risultato idoneo a misurare Q. Di conseguenza, la configurazione più semplice (n. 2) si è rivelata la più idonea e adattabile alle necessità di misura: ponte intero diametrale collegante gli estensimetri opposti sui lati adiacenti del ponte, sul lato interno della ruota (Fig. 4). La stessa configurazione sul lato esterno della ruota è risultata meno significativa. Gli errori calcolati per i ponti estensimetrici nelle posizioni verticale e orizzontale sono mostrati in Tab. 4. Per riassumere, la misurazione di Q e Y con una buona precisione è possibile quando lo schema adottato assume la posizione verticale.

Inoltre, nel progetto RUN2Rail è stato rilevato che la configurazione in oggetto riesce a misurare anche la componente X con ragionevole precisione quando il diametro di misura assume posizione orizzontale (Fig. 5). L'influenza degli altri carichi e della posizione del punto di contatto dR risulta essere di minore effetto in B, avendo inoltre un valore ragionevole di sensibilità ad X ($> 1 \mu\epsilon/kN$).

Riassumendo, la configurazione ottimale è giudicata quella a ponte intero a 2 canali/ruota, così come evidenziato dalla individuazione delle zone di misura A e B (cfr. Fig. 4) sulla superficie interna della ruota. Riepilogando:

- il ponte estensimetrico applicato in A misura Y quando è in posizione verticale (due volte per giro);
- il ponte estensimetrico applicato in B misura Q quan-

radii on adjacent sides of the bridge, all on the inner side of the wheel (see Fig. 4). The same configuration on the outer wheel side was less successful. A subset of the calculated errors for the bridges in the vertical and horizontal positions are shown (Tab. 4). To sum up, the measurement of Q and Y with good accuracy is possible when the instrumented diameter is vertical.

It was also discovered during the RUN2Rail work that this configuration could measure the X force with reasonable accuracy when the diameter is horizontal (see Fig. 5). The effect of the other loads and load position dR is small on the gauges at radius B, and the sensitivity to X is reasonable ($> 1 \mu\epsilon/kN$).

To sum up, the best configuration is judged by the authors to be the 2-channel/wheel full-bridge system, in A and B (referring to Fig. 4), on the inner surface of the wheel with:

- the bridge in A measuring Y when it is in the vertical position (twice per revolution);
- the bridge in B measuring Q when it is vertical and X when it is horizontal, both twice per revolution.

With this configuration, the simulated measurement errors in A, B for each load condition are listed in Tab. 5 and Tab. 6.

Even if the standard deviation on Q is quite relevant, 5.28% as in Tab. 5, and not improvable because of the influence of the contact point [14], [17], [15], the measurement accuracy of Y can be easily improved by compensation of effects of Q (Tab. 6). This possibility was explored,

Tabella 5 – Table 5

Errori di misura in B per Q = 70kN, piano verticale
Measurement errors in B for Q = 70kN, vertical

Misura su lato interno ruota, verticale, ponte intero in B <i>Inner side of the wheel, vertical, Full Bridge in B</i>						
Raggio [mm] <i>Radius [mm]</i>			306.8	306.9	306.8	
Deformazione simulata [µε] <i>Simulated strain [µε]</i> Load condition: Q=70 Y=0 X=0 [kN]			-261.19	-287.51	-243.26	
Q [mm]	Y [mm]	dR [mm]	Y “Misurata” “Measured” Y [kN]	Differenza Difference [%]	Differenza quadratica Square Difference [%]	
70	00	70	69.26	-0.74	0.55	
70	50	70	69.22	-0.74	0.60	
70	00	54	76.24	6.24	38.91	
70	50	54	76.20	6.20	38.49	
70	00	81	64.50	-5.50	30.20	
70	50	81	64.47	-5.53	30.56	
Dev. std sul campionamento <i>Sample std dev [%]</i>					5.28	

do è verticale e X quando è orizzontale, entrambe due volte per giro.

A questa configurazione è correlabile la stima degli errori di misura teorici nelle zone A e B, al variare della condizione di carico (Tab. 5 e Tab. 6).

Anche se la deviazione standard sulla misura di Q è discretamente elevata (5,28%, cfr. Tab. 5), e non migliora-

by estimation of the equivalent strain given by Q in A, and its subtraction from the strain measured in A.

$$\varepsilon_{A'} = \varepsilon_A - K_{est} \cdot \varepsilon_B$$

The estimated strain in A given by Q is calculated through the strain measured in B (function only of Q) with

Tabella 6 – Table 6

Errori di misura in A per Q = 70kN, piano verticale prima e dopo
Measurement errors in A for Q = 70kN, vertical before and after correction

Misura su lato interno ruota, verticale, ponte intero in A, prima e dopo compensazione <i>Inner side of the wheel, vertical, Full Bridge in A before and after compensation</i>								
Raggio [mm] <i>Radius [mm]</i>			174.0	174.0	174.0	174.0	174.0	174.0
Deformazione simulata [µε] <i>Simulated strain [µε]</i> Load condition: Q=70 Y=0 X=0 [kN]			Prima della compensazione <i>Before compensation</i>			Dopo compensazione <i>After compensation</i>		
			-1676.44	-1767.40	-1619.74	-1761.31	-1860.85	-1698.80
Q [kN]	Y [kN]	dR [mm]	Y “Misurata” “Measured” Y [kN]	Diff. Diff. [%]	Diff. quadratica Square Diff. [%]	Y “Misurata” “Measured” Y [kN]	Diff. Diff. [%]	Diff. quadratica Square Diff. [%]
70	00	70	-2.41	-2.41	5.80	0.00	0.00	0.00
70	50	70	47.55	-2.45	5.98	49.96	-0.04	0.00
70	00	54	0.03	0.03	0.00	2.68	2.68	7.19
70	50	54	50.13	0.13	0.02	52.79	2.79	7.76
70	00	81	-3.99	-3.99	15.90	-1.74	-1.74	3.04
70	50	81	45.95	-4.05	16.44	48.19	-1.81	3.28
Dev. std sul campionamento <i>Sample std dev [%]</i>					2.97	Dev. std sul campionamento <i>Sample std dev [%]</i>		2.06

bile a causa dell'influenza del punto di contatto ([14], [17], [15]), l'accuratezza della misurazione di Y può essere facilmente ottimizzata, compensando proprio gli effetti di Q (Tab. 6). Questa possibilità è stata indagata, stimando il valore fornito dalla differenza tra la deformazione equivalente data da Q in A e la deformazione misurata in A. Di fatto la deformazione stimata in A ed indotta da Q viene calcolata attraverso la deformazione misurata in B (funzione solo di Q) con un fattore di compensazione K_{est} , definito come il rapporto tra le deformazioni fornite solo da Q, valutato in A e B sul valore di riferimento $dR = 70mm$:

$$K_{est} = \frac{\varepsilon_{A,70}}{\varepsilon_{B,70}}$$

Per quanto descritto:

$$\varepsilon_{A'} = \varepsilon_A - K_{est} \cdot \varepsilon_B$$

Si noti che K_{est} può essere valutato tramite simulazione FEM, anche se è sempre possibile un confronto con i risultati derivanti dalla caratterizzazione sperimentale e dalla calibrazione di altri assili strumentati dello stesso tipo.

2.3.2. Considerazioni dinamiche – Rilevamento dei picchi

Le attività di cui sopra non considerano la rotazione della ruota con carichi variabili e presuppongono che il diametro di misura (zona di applicazione degli estensimetri sulle superfici del disco ruota) sia nella posizione più idonea (verticale per Y e Q, orizzontale per X). Sono pertanto necessarie (Fig. 6) alcune puntualizzazioni per valutare l'idoneità del sistema proposto in termini di campionamento dei valori della forza di contatto e di rilevamento di carichi da impatto (ad es. giunti di rotaia, cuori) al di fuori delle posizioni di riferimento del sistema di misurazione.

L'aspetto più critico per quanto riguarda il campiona-

a compensation factor K_{est} , which is the ratio between strains given by Q only, evaluated in A and B, for $dR = 70mm$.

$$K_{est} = \frac{\varepsilon_{A,70}}{\varepsilon_{B,70}}$$

Please note that K_{est} can be evaluated with the help of FEM simulation, even if it is always possible a comparison with related results, derived from characterization and calibration of other instrumented wheelsets of the same type.

2.3.2. Dynamic considerations – Peak Detection

The above considerations do not consider the rotation of the wheel under varying loads, and assume that the instrumented diameter is in the best position for measurement (the vertical position for Y and Q, horizontal for X). Some considerations are needed therefore to assess the suitability of the proposed system in terms of sampling the contact force values and detecting impact loads (e.g. joints, frogs) off the correct position of the measurement system.

The most critical aspect regarding sampling is the signal of the bridge 'B' along one wheel revolution. This bridge is used to estimate force components Q and X. The simulated signal obtained from the bridge in the presence of constant loads is shown in Fig. 6. The signal shows a severe peak for points of the circumference close to the lower vertical inner section, not present in the signal of bridge 'A', which is almost sinusoidal in shape. This feature poses the problem of having a sampling frequency high enough to accurately capture the peak value.

In previous campaigns, Q (and Y, but this is easier as mentioned) have been successfully sampled up to 160 km/h with peak detection algorithms, at 5 kHz sampling rate [16], [20]. The dynamic component of the signals was shown to be quite low even on poor track geometry and did

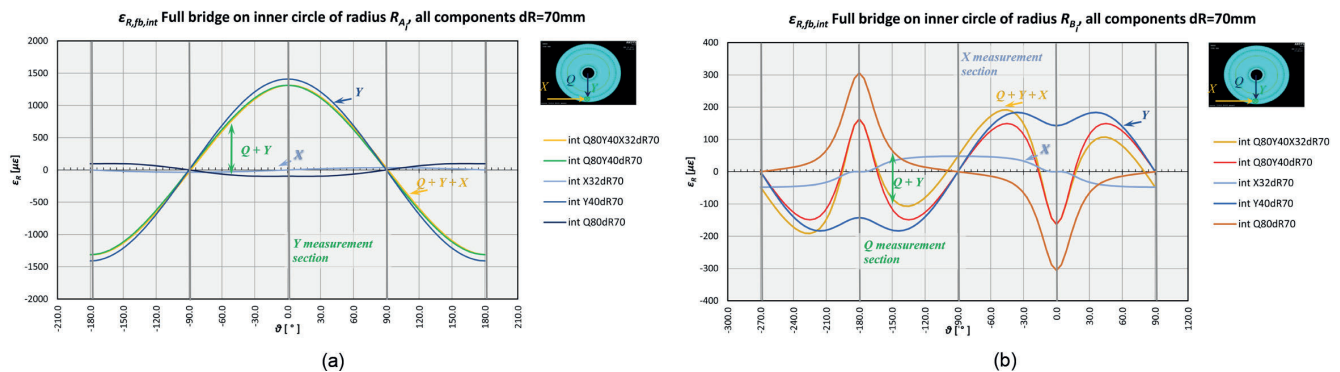


Figura 6 - (a) deformazioni radiali lungo la circonferenza in A (superficie interna della ruota), effetto di Q, Y, X; (b) deformazioni radiali lungo la circonferenza in B, effetto di Q, Y, X.

Figure 6 - (a) radial strains measured along the inner wheelside circumference in A, effect of Q, Y, X; (b) radial strains measured along the inner wheelside circumference in B, effect of Q, Y, X.

mento è il segnale del ponte 'B' lungo il giro ruota. Questo ponte estensimetrico viene utilizzato per stimare le componenti di forza Q e X . Il segnale simulato, ottenuto dal ponte in presenza di carichi costanti (Fig. 6), mostra un picco severo per i punti della circonferenza vicino alla sezione interna verticale inferiore, peraltro non presente nel segnale del ponte 'A' caratterizzato da un andamento quasi sinusoidale. Questa particolarità pone il problema di avere una frequenza di campionamento sufficientemente alta tale da "catturare" con precisione il valore di picco.

Nelle precedenti campagne sperimentali, Q e Y (ma quest'ultima è più semplice come detto) sono state campionate con successo fino a 160 km/h con algoritmi di rilevamento dei picchi, con una frequenza di campionamento di 5 kHz ([16], [20]). La componente dinamica dei segnali ha mostrato di essere piuttosto bassa anche su una geometria scadente del binario, senza influenze evidenti sul campionamento [16]. Per l'applicazione WISE-FM, si prevede che il campionamento possa essere eseguito con una tecnica simile e per la ricostruzione degli spettri di carico si potrebbe esplorare la possibilità di utilizzare il conteggio tramite rainflow. Le componenti Y e X appaiono avere (cfr. Fig. 6) un effetto assolutamente trascurabile in prossimità della posizione verticale del ponte, rendendo quindi trascurabile questo contributo all'errore di misura.

Per quanto riguarda la possibilità di rilevare carichi da impatto, una risposta qualitativa è ottenuta tramite una semplice analisi del modello statico sul giro ruota (Figg. 7-8). L'effetto dei picchi di carico sul segnale "A" del ponte viene valutato staticamente per le diverse posizioni angolari assunte dalla ruota. Il picco viene imposto teoricamente come onda quadra di ampiezza doppia del carico ruota, emulando quanto potrebbe verificarsi ad esempio durante il transito sullo spazio nocivo di un deviatore o di una comunicazione (distanza percorsa ipotizzata pari a 6 cm). La risposta del sistema di misura è stata verificata per tutti i casi di simulazione sviluppati nell'ambito di questa ricerca, con l'ipotesi di nessuna variazione della componente Y . Tale condizione rappresenta una ipotesi conservativa dal punto di vista del processo di misura delle grandezze di interesse, dal momento che la presenza di variazioni di Y renderebbero il rilevamento del picco più evidente. Si presume che l'impatto sia rilevabile se genera un segnale equivalente maggiore di un dato livello di rumore nella catena di misura (ipotizzato pari a $10 \mu\text{m/m}$, valore cautelativo e sufficientemente pessimistico).

È importante che almeno uno dei due ponti estensimetrici, A o B, sia in grado di rilevare con elevata probabilità il verificarsi di un impatto, in particolare al momento di utilizzare il sistema per il calcolo dello spettro di carico. Per questa applicazione, al momento è interesse della ricerca assegnare un valore di riferimento alla forza d'impatto, poiché anche i sistemi più complessi e all'avanguardia hanno difficoltà a raggiungere l'ampiezza di banda richiesta ($>100 \text{ Hz}$). L'attuale proposta è di assegnare un valore convenzionale in kN per Y e Q per cia-

not affect the sampling [16]. For the WISE-FM application, it is expected that sampling could be performed with a similar technique, and for load spectra reconstruction the possibility of using rainflow counting could be explored. Fig. 6 also shows how the Y and X components really have a negligible effect close to the vertical bridge position, so this potential contribution to the error does not materialise.

Regarding the possibility to detect impact loads, a qualitative answer is given by using the static model in a simple analysis on the wheel revolution (Figs. 7-8). The effect of impact loads on the bridge 'A' signal is assessed statically for different angular positions of the wheel. A square-wave wheel-load-doubling impact occurring within a crossing (traversed distance of 6 cm) is imagined and the response verified for all load cases. Only the variation of Q due to the crossing is considered, i.e. no alteration of the Y force is assumed. This is a cautious assumption since the presence of Y variations would make the impact loading more detectable. The impact is assumed to be detectable if it generates a signal in equivalent strain of more than a given measurement-chain noise level ($10 \mu\text{m/m}$ is taken, this is a cautious quite pessimistic value).

It is important for at least one of the two bridges A or B to be capable of detecting with a high probability the occurrence of an impact, particularly for the load spectrum application. For this application, at the moment there is no intention to assign a precise force value to the impact, since even the most complex state-of-the-art systems have difficulty in achieving the required bandwidth ($>100 \text{ Hz}$). The current proposal is to assign a cautious conventional value in kN for Y and Q to each counted impact. For the early defect detection application, a wheel defect such as a wheel-flat should be identifiable more easily than a track defect due to its repetitive nature (once per wheel revolution).

The 'A' bridge results for one of the tested load cases for 5 different angular positions of the impact with respect to the wheel are shown (Fig. 7). The bridge is generally sensitive but with 2 "blind spots" (in the proximity of the horizontal measurement) of about $2 \times 15^\circ = 30^\circ/\text{rev}$. Assuming the impact may occur with the same probability for each point around the wheel circumference, this means that $30/360 = 1/12$ impacts could go undetected – in other words more than 90% of impacts would be detected. Experimental tests on a rig would be needed to confirm the extent of this blind spot given by the simplifying (but cautious) assumptions used here. Since the nature of the problem leads to a systematic underestimate of the impact count, there is potential to use a statistical correction to compensate for blind spots.

Bridge 'B' is not very sensitive to impacts (Fig. 8) in several angular positions. Therefore, the use of bridge 'A' is suggested for impact load detection.

It is reckoned that these results are indicative of the actual dynamic behaviour. This issue would of course need further verification, for example with a dynamic FE model (not in the scope of this work) or, better still, by means of

scun impatto conteggiato, in modo conservativo. Per l'attività di rilevamento precoce, un difetto della ruota come una sfaccettatura dovrebbe essere identificabile più facilmente di un difetto di rotaia a causa della sua natura ripetitiva (una volta ogni giro ruota).

Vengono mostrati i risultati del ponte "A" per uno dei casi di carico testati per 5 diverse posizioni angolari dell'impatto sul giro ruota (cfr. Fig. 7). Il ponte è generalmente sensibile ad eccezione di 2 "zone cieche" (in prossimità delle posizioni di misura orizzontali) di circa $2 \times 15^\circ = 30^\circ$ /giro. Ipotizzando che l'impatto possa avvenire in modo equiprobabile sulla circonferenza di rotolamento, si evince che non sarebbe rilevabile il $30/360 = 1/12$ degli impatti – in altre parole più del 90% degli stessi sarebbe rilevato. Sarebbero comunque necessarie analisi sperimentali al banco per confermare l'estensione delle "zone cieche" ottenute dalle ipotesi semplificative (ma caute) assunte. Dal momento che la natura del problema porta a una sottostima sistematica nel conteggio degli impatti, è possibile utilizzare una correzione statistica come procedura per compensare le "zone cieche".

Il ponte 'B' non risulta essere molto sensibile agli impatti (cfr. Fig. 8) nella maggioranza delle posizioni angolari: di conseguenza il ponte 'A' è suggerito per il rilievo di picchi puntuali.

Si ritiene che questi risultati siano indicativi del comportamento dinamico effettivo. Sono necessarie ulteriori verifiche, ad esempio con un modello FE dinamico (non oggetto di questo lavoro) o, meglio ancora, mediante verifiche sperimentali al banco sulla sala montata reale, al fine di eliminare eventuali incertezze date dalla modellazione ed includere gli effetti della catena di misura, il tutto con valori di sollecitazione comparabili. Combinare le due valutazioni (FE e banco di prova) sarebbe una possibilità ovviamente più costosa ma più solida.

3. Adeguatezza di WISE-FM per le applicazioni previste

Nella sezione precedente sono quantificati alcuni indicatori relativi all'accuratezza del sistema proposto di

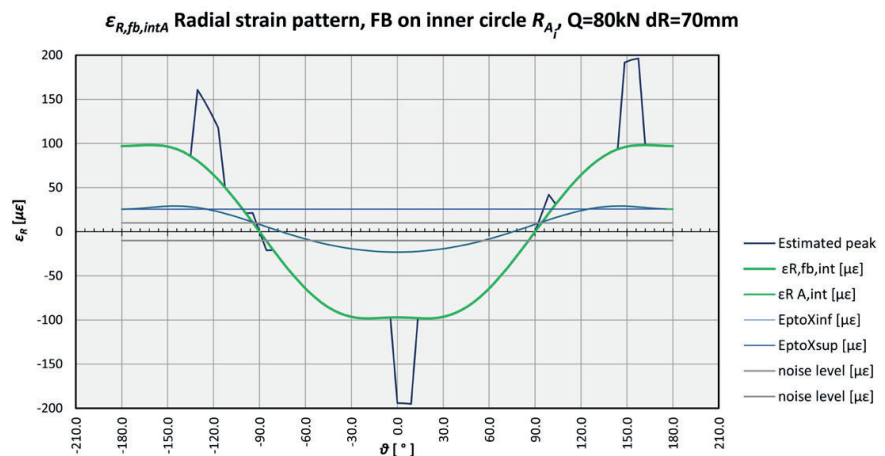


Figura 7 - Ponte intero in A – Q, sensibilità al picco; evidenziate: (verde) deformazioni $\epsilon_{R,fb,int}$ e $\epsilon_{R,fa,int}$ per il lato interno ruota, (grigio) livelli di rumore sulle deformazioni, (blu) stima dei picchi per deformazione.

Figure 7 - Full Bridge in A – Q, peak sensitivity; in evidence: (green colour) strains $\epsilon_{R,fb,int}$ and $\epsilon_{R,fa,int}$ for inner side of the wheel, (grey colour) strain noise levels, (blue colour) estimated peak for measured strains.

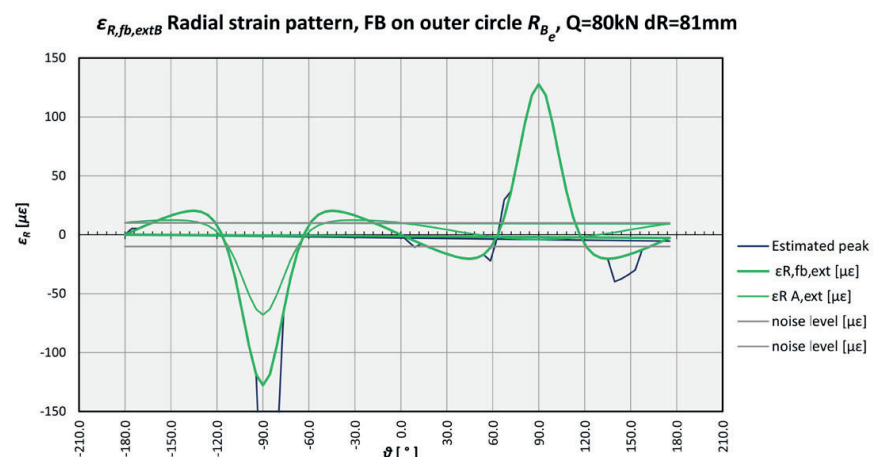


Figura 8 - Ponte intero in A – Q, sensibilità al picco; evidenziate: (verde) deformazioni $\epsilon_{R,fb,int}$ e $\epsilon_{R,fa,int}$ per il lato esterno ruota, (grigio) livelli di rumore sulle deformazioni, (blu) stima dei picchi per deformazione.

Figure 8 - Full Bridge in A – Q, peak sensitivity; in evidence: (green colour) strains $\epsilon_{R,fb,int}$ and $\epsilon_{R,fa,int}$ for outer side of the wheel, (grey colour) strain noise levels, (blue colour) estimated peak for measured strains.

full-scale experiments e.g. on a test rig which would eliminate modelling accuracy concerns and include the measurement chain effects, all at a comparable effort. Combining the two assessments (FE and test rig) would also be a more expensive but more robust possibility.

3. Suitability of the WISE-FM system for the intended applications

In the previous section some indicators related to the accuracy of the proposed force monitoring system are

monitoraggio della forza. In tutti i casi viene quantificato un errore inferiore al 10%, con due canali a ponte intero per ruota.

A seguire è valutato come l'accuratezza ottenibile soddisfi i requisiti minimi nelle applicazioni inizialmente identificate che ripetiamo per immediatezza:

- aumentare l'efficacia della progettazione e della manutenzione attraverso una migliore conoscenza dei carichi in servizio;
- supportare la manutenzione predittiva attraverso l'identificazione precoce dei guasti;
- identificare dei pericoli per la sicurezza di esercizio.

Per eseguire la valutazione a), sono stati utilizzati spettri di carico effettivi misurati nel progetto di ricerca WIDEM (ruota con un design molto simile a quello di questo caso di studio). Gli errori precedentemente calcolati (cfr. Tab. 5-6) sono stati sovrapposti agli spettri per Q e Y, desunti da BERETTA et al. [18] e ricostruiti in modo approssimato, al fine di ottenere bande di errore, confrontando il loro valore con quello teorizzato in questo studio. Inoltre, è stato possibile valutare l'incertezza sulla stima del numero di cicli di fatica derivati dai risultati approssimati del sistema di misurazione. In particolare, per la forza Q (Fig. 9), l'errore in termini di giri della ruota, ad un dato carico, è piuttosto elevato (pari ad un ordine di grandezza), anche con un errore modesto nella misurazione del carico stesso. L'effetto è dovuto alla forma dello spettro del segnale. L'errore sul numero di giri della ruota per un dato carico è inferiore per Y (Fig. 10) rispetto al caso di Q (minore di un ordine di grandezza). Considerando l'uso degli spettri di carico per i calcoli della durata dell'assile, ipotizzando un cumulo di fatica (come conseguenza la sua vita operativa) più sensibile a Y di Q [17], la differenza di comportamento tra Y che a Q non genera sostanziali errori nella stima della vita. In realtà, questo è inferiore a un ordine di grandezza per i sovraccarichi dinamici più frequenti, (cfr. Fig. 10). Per altre considerazioni sulla vita dei componenti questo problema dovrebbe essere ulteriormente esplorato.

quantified. An error of less than 10% is quantified in all cases, with two full-bridge channels per wheel.

In this subsection we assess how the achievable accuracy meets the minimum requirements in the applications initially identified:

- increasing design and maintenance effectiveness through a better knowledge of in-service loads;

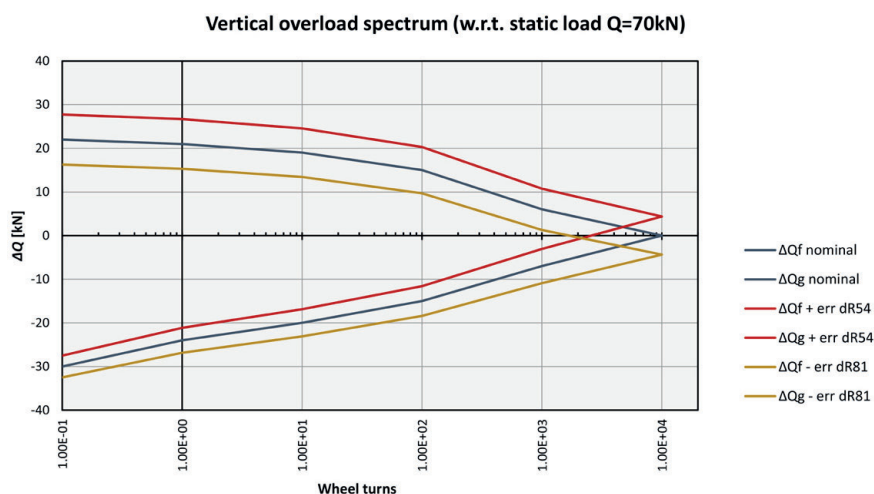


Figura 9 - Bande di errore corrispondenti al sistema WISE-FM proposto sovrapposte ad uno spettro del sovraccarico Q realistico sommariamente riprodotto da BERETTA et al. [18], da sommare al carico statico Q = 70kN.

Figure 9 - Error bands corresponding to the proposed WISE-FM system as superposed on a realistic Q overload spectrum coarsely reproduced from BERETTA et al. [18], to be summed to static load Q = 70kN.

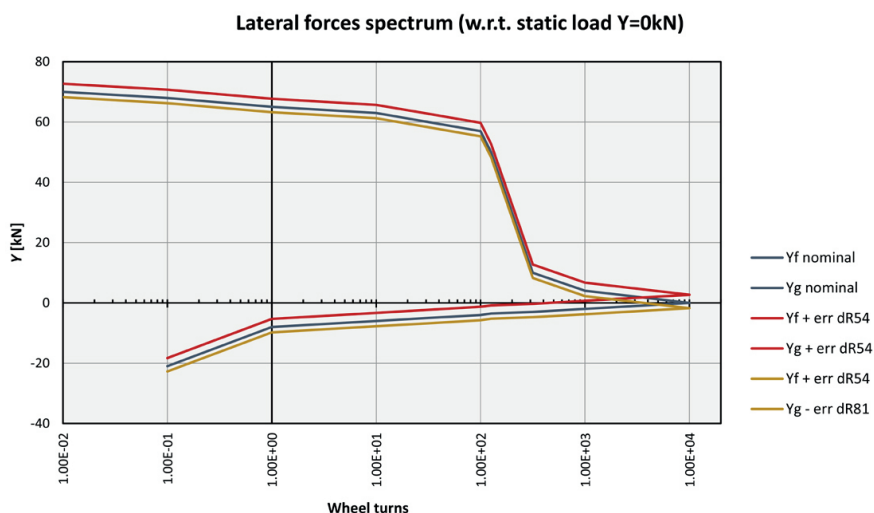


Figura 10 - Bande di errore corrispondenti al sistema WISE-FM proposto sovrapposte ad uno spettro di Y realistico sommariamente riprodotto da BERETTA et al. [18].

Figure 10 - Error bands corresponding to the proposed WISE-FM system as superposed on a realistic Y load spectrum coarsely reproduced from BERETTA et al. [18].

L'errore di misura ha una natura sistematica significativa. Ad esempio, è ipotizzabile che i valori Y più alti (cfr. Fig. 10) si verifichino molto probabilmente per il contatto sul bordino. In questa condizione il sistema WISE-FM proposto porta a una sovrastima della forza Y (cfr. Tab. 6). Pertanto, si applica il limite di errore superiore. Analisi simili possono essere eseguite per le parti rimanenti dello spettro e per lo spettro Q .

In definitiva, a causa della natura e della forma degli spettri di carico, esiste un'alta sensibilità all'errore di misura del carico. Ciò richiederebbe una precisione estremamente elevata, probabilmente superiore a quanto è attualmente possibile anche con le configurazioni più sofisticate del sistema estensimetrico. In altre parole, gli spettri di carico sono un'applicazione particolarmente impegnativa in termini di precisione richiesta se il focus è su un singolo assile o su un carrello. Tuttavia, questa applicazione non appare costosa poiché solo una piccola parte della flotta può essere strumentata, partendo dal presupposto che gli altri esemplari dello stesso rotabile dovrebbero comportarsi in modo simile in condizioni di manutenzione simili. La conoscenza approssimativa dei carichi corrisponde alle stimate condizioni di sollecitazione utilizzate nella progettazione dei componenti. Eventuali differenze possono essere sfruttate per due strategie con impatti economici potenzialmente consistenti:

- progettare le modifiche ai componenti che raggiungono la fine del loro ciclo di vita prima del treno; un esempio potrebbe essere l'assile, la cui massa in una "seconda serie" potrebbe essere ridotta sulla base dei carichi di servizio effettivi;
- adattare gli intervalli di manutenzione in base ai carichi di servizio effettivi; ad esempio, lo stesso tipo di veicolo in esercizio su linee / reti diverse può essere sottoposto a intervalli di ispezione diversi, ad esempio per i test ad ultrasuoni.

Per quanto riguarda l'aspetto segnalato nel punto b) (manutenzione su condizione), i principali usi possibili per un sistema con una precisione del 10% possono essere così riepilogati.

1. Instabilità causata dall'usura del piano di rotolamento: man mano che l'usura della ruota progredisce, la storia temporale della forza Y durante una corsa su binario rettilineo viene modificata (ad es. un numero maggiore di oscillazioni / picchi di Y potrebbe essere rilevato in un dato tempo). Esiste un potenziale per fissare una soglia superiore per Y su binario rettilineo o per confrontare dati storici con quelli di una ruota nuova (cronologia "di riferimento" per Y). Una precisione del 10% non è ideale per identificare le tendenze dovute ad esempio all'evoluzione dell'usura del profilo delle ruote, ma il sistema dovrebbe essere in grado di rilevare variazioni di forza laterale maggiori dovute all'instabilità ad alta velocità (sicurezza).

- b) supporting predictive maintenance through the early identification of faults;
- c) identifying safety hazards.

In order to perform the assessment for item a), actual load spectra measured in the WIDEM research project were used (wheel of very similar design to that of this case study). The previously calculated errors (Tabs. 5 and 6) were overlapped to the spectra for Q and Y , taken from BERETTA [18] and reconstructed in an approximate way, in order to obtain error bands, comparing the magnitude of them to the wheel-rail forces. In addition to that, it was possible to evaluate the uncertainty on the estimation of the number of fatigue cycles derived by the measurement system approximated results.

Particularly for Q (Fig. 9), the error in terms of wheel revolutions at a given load is quite high (one Order of Magnitude) even with a not-so-high error on the load measurement as previously shown. This is due to the shape of the spectrum. The error on the number of wheel revolutions at a given load is lower for Y (Fig. 10) than in the case of Q (< one Order of Magnitude). Considering the use of the load spectra for axle life calculations, since the axle's damage (and consequently its operational life) is more sensitive to Y than Q (see e.g. [17]), the difference in behaviour between Y and Q does not generate substantial errors in life estimation. In fact, this is less than an Order of Magnitude for the most frequent dynamic overloads, as remarked on Fig. 10. For other component-life considerations this issue would have to be further explored.

The measurement error has a significant systematic nature. For example, the higher Y values (refer to Fig. 10) will most likely occur for flange contact. In this condition the proposed WISE-FM system leads to an over-estimate of the Y force due to the effect (see Tab. 6). Therefore, the upper error limit applies. Similar analyses may be performed for the remaining parts of the spectrum and for the Q spectrum.

In conclusion, due to the nature and shape of load spectra, there is a high sensitivity to load measurement error. This would call for extremely high accuracy, probably beyond what is currently possible even with the most sophisticated gauge configurations. In other words, load spectra are a particularly demanding application in terms of required accuracy if the focus is on one single wheel-pair/wheelset. However, this application is not expensive in the sense that only a small fraction of a train fleet may be instrumented under the assumption that the other units of the same type should behave similarly under identical maintenance conditions. The approximate knowledge of the loads matches the approximate load conditions used in component design. If any differences are found, they may be exploited for two strategies with potentially strong economic impacts:

- design changes to components that reach their end of lifetime before the trainset does; an example could be

2. Guasti agli smorzatori: possono cambiare in modo significativo la dinamica di marcia [10]. Un guasto allo smorzatore trasversale potrebbe causare aumenti delle oscillazioni sia per Q sia per Y, analogamente alle relative accelerazioni [19], probabilmente rilevabili in breve tempo anche con campionamento delle forze basato sulla distanza.

Entrambi i suddetti difetti possono alterare le lunghezze d'onda cinematiche delle oscillazioni laterali/di serpeggio. Le lunghezze d'onda ridotte sono quelle che devono essere rilevate: con 2 campioni per giro (circa 2 campioni ogni 3 m di binario, con diametri tipici di ruota), una lunghezza d'onda cinematica di 6 m come quella ottenuta con una conicità equivalente di 0,3 per la sala utilizzata in questo studio (formula di Klingel) sarebbe rilevabile con 4 campioni, probabilmente sufficienti per mostrare il movimento sinusoidale.

3. Sbilanciamento del carico dovuto a difetti di sospensione: non dovrebbe essere difficile da identificare a condizione che le variazioni siano misurabili con una precisione del 10%. Il carico della ruota Q è il miglior candidato per questo scopo. Anche la presenza di valori insoliti per le forze laterali su binario rettilineo sarebbe facile da rilevare.
4. Difetti delle ruote: sono di molti tipi diversi. I più frequentemente citati sono le ruote sfaccettate e le ruote poligonate. Il primo tipo dovrebbe essere molto probabilmente rilevabile, con picco ogni giro di ruota in particolare su Q, facilmente distinguibile dagli altri casi (cuori e giunti di rotaia). La precisione della forza misurata non è importante in questo caso. Anche in questo caso il rilevamento avverrebbe se crea variazioni di carico superiori al 10% circa.
5. Problemi ai riduttori: possono anche avere un effetto sulle forze di contatto, da studiare prima di identificare le caratteristiche del potenziale monitoraggio delle forze.

Per riassumere, WISE-FM potrebbe essere utile per la manutenzione su condizione del rodiggio. Alcuni scopi affrontati potrebbero essere i seguenti (Tab. 7).

- Monitoraggio predittivo. Un esempio è lo studio delle tendenze delle forze di contatto dovute all'usura del profilo delle ruote come supporto alle strategie di riprofilatura. Potrebbe non essere necessario strumentare l'intera flotta. Uno studio sull'accuratezza della misurazione (qui valutata nell'ordine del 10%) potrebbe essere preso in considerazione in ulteriori sviluppi.
- Identificazione precoce dei guasti: "precoce" significa abbastanza in anticipo per attuare azioni correttive. Le modalità di guasto risolte dipenderebbero dalla priorità data dall'operatore del veicolo (ad es. quelli più frequenti). Sfaccettature, alcuni guasti agli smorzatori e squilibri di carico possono essere rilevabili con il sistema WISE-FM. Questo tipo di applicazione

the wheelset, whose mass in a "second series" could be reduced on the basis of actual service loads;

- *adaptive maintenance intervals based on the actual service loads; for example, the same vehicle type running on different lines/networks may undergo different inspection intervals such as for ultrasound testing.*

Regarding item b) for condition-based maintenance, the main possible uses for a system with 10% accuracy are listed below:

1. *Instability caused by wheel tread wear: as wheel wear progresses the shape of the time-history of force Y during a run on straight track would be altered, e.g. a greater number of oscillations/peaks of Y could be detected in a given time; there is a potential either for fixing an upper threshold for Y on straight track or for comparing the time-histories with those of a new wheel ("reference" time history for Y). A 10% accuracy is not ideal for identifying trends due for example to wheel profile wear evolution, but the system should be able to detect larger lateral force variations due to high-speed instability (safety).*
2. *Damper faults: they can significantly change the running dynamics [10]. A yaw damper fault could cause oscillation increases for both Q, Y, similarly to the related accelerations [19], probably detectable in a short time also with distance-based sampling of forces.*

Both the above defects can alter the kinematic wavelengths of lateral/yaw oscillations ("hunting"). Shortened wavelengths are the ones that need to be detected. With 2 samples per revolution (about 2 samples every 3 m of track, with typical wheel diameters), a 6 m kinematic wavelength such as the one obtained with an equivalent conicity of 0.3 for the wheelset used in this study (Klingel's formula) would be detected with 4 samples, probably enough to show the sinusoidal motion.

3. *Load unbalance due to suspension defects: should not be difficult to identify provided the variations are measurable with an accuracy of 10%. Wheel load Q is the best force component for this purpose. The presence of unusual lateral forces on straight track would also be easy to detect.*
4. *Wheel defects: they are of many different types. The most frequently cited are wheel flats and out-of-round. The first one should be quite probably detectable, its peak being detected every wheel revolution particularly on component Q, easily distinguishable from other cases (frogs, joints). The accuracy of the measured force is not important in this case. The latter would be detected if it creates load variations of more than about 10%.*
5. *Gearbox problems: may also have an effect on contact forces that has to be studied before concluding on the potential for force monitoring to identify them.*

richiede la strumentazione di tutte le ruote della flotta di rotabili. I potenziali vantaggi sono la migliore gestione degli slot dell'officina e il miglioramento della disponibilità dei convogli, le loro condizioni di marcia e la minore aggressività nei confronti del binario. Inoltre, WISE-FM potrebbe essere un metodo di validazione di nuovi materiali, sistemi attivi e componenti progettati in modo più efficace, indirizzato a un metodo di mitigazione del rischio, per mantenerne un livello accettabile in accordo alla legislazione dell'UE.

In analogia a quanto già espresso, anche le applicazioni di sicurezza potrebbero essere di due tipi.

- **Monitoraggio predittivo.** Un esempio è quello dell'applicazione di MATSUMOTO et al. [21], in cui il rapporto di svio è monitorato su un convoglio come misura di mitigazione del rischio. Questo tipo di applicazione potrebbe non richiedere un monitoraggio continuativo ma solo in periodi critici. Anche il rapporto di trazione T/N sulla ruota interna potrebbe essere monitorato. Per entrambe le applicazioni di cui sopra è sufficiente una precisione del 10%.
- **Individuazione tempestiva di guasti/pericoli.** Esempi di questa applicazione sono il rilevamento dell'instabilità e il rilevamento del deragliamento su una flotta di treni. Tuttavia, tali applicazioni possono generare interventi della frenatura di emergenza in servizio regolare. Questi ultimi sono particolarmente impegnativi per il sistema di monitoraggio, poiché qualsiasi guasto, su qualsiasi ruota/assile del treno, indurrebbe false segnalazioni. Gli impatti sulla disponibilità sono tali da richiedere una qualche forma di ridondanza, insieme ad algoritmi che valutano rapidamente quando uno dei canali ridondanti deve essere interdetto perché guasto. Ulteriori studi sono necessari per dimostrare quanto il numero di canali sulla ruota debba essere moltiplicato. Con ridondanza di tipo "triplex", sarebbero necessari 6 canali, con trasduttori indipendenti, telemetria, cablaggio. Ciò complicherebbe il sistema ad un punto che va oltre il livello di semplicità che è stato immaginato quando è stata avviata questa ricerca.

Per tutte le applicazioni di cui sopra, è necessario sviluppare algoritmi. Una possibilità è costituita da un algoritmo di confronto tra i valori effettivi delle forze di contatto e dei segnali di riferimento, ad es. con profili nuovi, parzialmente usurati, completamente usurati. Altrimenti le forze potrebbero essere confrontate con soglie ben definite.

Viene menzionata separatamente la forza longitudinale X. Oltre a creare una stima della distribuzione del carico anche per questa componente e migliorare la progettazione delle sale, è possibile riconoscere diversi sviluppi potenziali, tutti che richiedono ulteriori studi:

- a. il miglioramento del rilevamento dei guasti, l'X reale e la sua variazione potrebbero essere utilizzate come

To sum up, WISE-FM could be useful for running-gear condition-based maintenance. Some purposes addressed could be the following (see Tab. 7).

- *Monitoring of trends. An example is studying the trends of contact forces due to wheel profile wear as a support to reprofiling strategies. It may not be necessary to instrument the whole fleet. A study about the accuracy of the measurement (here evaluated in the order of 10%), could be considered in further developments.*
- *Early identification of faults, "early" meaning enough in advance to implement corrective actions. The fault modes addressed would depend on the priority given by the vehicle operator (e.g. most frequent ones). Wheel flats, some damper faults and load unbalances should be detectable with the WISE-FM system. This type of application requires instrumentation of all wheels of the train fleet. Potential benefits are the better management of workshop slots and availability improvement of the trainsets, their running gear condition and lower aggressiveness towards the track. Moreover, WISE-FM could be a validation method of new materials, active systems and more effectively designed components, addressed to a risk mitigation method, to maintain an acceptable level of risk in the sense of EU legislation.*

Finally, safety applications could also be of two types.

- *Monitoring of trends. An example is that of the application of MATSUMOTO et al. [21], in which the derailment ratio is monitored on one trainset as a risk mitigation measure. This type of application may not require full-time monitoring but only in critical periods. The traction ratio T/N on the inner wheel could also be monitored. For both the above applications a 10% accuracy is sufficient.*
- *Early identification of faults/hazards. Examples of this application are instability detection and derailment detection, on a train fleet. Such applications can generate slow-downs or train-trips in regular service, however. The latter are particularly demanding for the monitoring system, since any fault in the monitoring system, on any wheel/wheelset of the train, would trip the train even in the absence of a hazard. The unavailability requirements are such that some form of redundancy is required, along with algorithms judging rapidly when one of the redundant channels needs to be shut down because it is faulty. Further studies would have to show whether the number of channels on the wheel would have to be multiplied. With triplex redundancy, 6 channels would be required, with independent transducers, telemetry, wiring. This would complicate the system to a point that is beyond the level of simplicity that was imagined when starting this research.*

For all of the above applications, algorithms need to be developed. A possibility is for the algorithm to compare ac-

Tabella 7 – Table 7

Fattibilità di WISE-FM in accordo agli scopi di ricerca
Feasibility according to the purpose of WISE-FM

Applicazione - Purpose			Ruote strumentate Wheels instrumented	Osservazioni sulla fattibilità dell'applicazione sotto ipotesi di errore = 10% Remarks on the feasibility with 10% accuracy
Level 1	Level 2	Level 3		
Carichi in servizio <i>In-service loads</i>	Progettazione migliorata <i>Improved design</i>	Riduzione masse non sospese di progetto <i>Lower unsprung mass in subsequent design</i>	Solo ruote di guida su alcuni treni <i>Only leading wheelset on a few trainsets</i>	Per quanto l'accuratezza nel numero di cicli non è elevata, l'informazione potrebbe essere idonea allo scopo <i>Despite the relatively low accuracy regarding the number of cycles, the information collected would still be valuable for the purpose</i>
	Manutenzione adattativa <i>Adaptive maintenance</i>	Adeguamento degli intervalli di ispezione/manutenzione alle condizioni di servizio/linea <i>Maintenance/inspection intervals adapted to service/line</i>	Solo ruote di guida su alcuni treni <i>Only leading wheelset on a few trainsets</i>	Per quanto l'accuratezza nel numero di cicli non è elevata, l'informazione potrebbe essere idonea allo scopo <i>Despite the relatively low accuracy regarding the number of cycles, the information collected would still be valuable for the purpose</i>
Condition-Based Maintenance	Monitoraggio andamenti <i>Monitoring trends</i>	Dati di supporto per manutenzione/ispezione <i>Support for maintenance/inspection intervals</i>	Campione di ruote <i>Only selected wheels</i>	Possibili difficoltà a rilevare lente variazioni dello stato del veicolo <i>Probably difficult to detect slow variations due to vehicle condition</i>
	Rilevamento precoce dei guasti (migliore gestione in officina, riduzione indisponibilità in servizio, miglioramento condizioni di marcia) <i>Early detection of faults for better workshop management, reduced operational unavailability, improved average running condition</i>	Sfaccettature <i>Wheel flats</i>	Tutte - All	Anche se il sistema è campionato a spazio, dovrebbe essere in grado di identificare picchi di forza a precise posizioni angolari, sfaccettature <i>Even though the system is distance-sampled, it should be able to identify force peaks that occur at precise angular positions due to flats</i>
		Guasto agli smorzatori antiserpeggio <i>Yaw damper faults</i>	Tutte - All	Effetto combinato su forze laterali e verticali dovrebbe permettere il riconoscimento <i>The combined effect on lateral and vertical forces should be able to allow detection</i>
		Guasto ad altri smorzatori <i>Other damper faults</i>	Tutte - All	Non tutti i guasti gli smorzatori causano variazioni alle forze di contatto <i>Not all dampers would necessarily lead to detectable force variations</i>
		Squilibri di carico da guasto (molle, etc.) <i>Faults creating load unbalances (springs, other elements)</i>	Tutte - All	Rilevamento abbastanza semplice <i>It should be quite easily detected</i>
		Poligonazioni <i>Out-of-round</i>	Tutte - All	Campionamento a spazio potenzialmente non idoneo in alcuni casi <i>Distance based sampling may not be adequate for some forms</i>
		Usura ruota <i>Wheel wear</i>	Tutte - All	Non dovrebbe portare a variazioni sensibili delle forze di contatto, dipende dalla severità del problema <i>Might not lead to detectable force variations, depending on the problem severity</i>
Sicurezza di marcia <i>Running safety</i>	Monitoraggio andamenti <i>Monitoring trends</i>	Allerta in condizioni sfavorevoli (e.g. rapporto di Nadal, coeff. di trazione) <i>Alerts in periods when conditions are unfavourable (e.g. derailment ratio, traction ratio)</i>	Solo ruote di guida su alcuni treni <i>Only leading wheelset on a few trainsets</i>	Sistema potenzialmente idoneo per questa tipologia di applicazioni <i>The system should be quite suitable for this type of application</i>
	Rilevamento precoce pericoli <i>Early detection of hazards</i>	Frenatura di emergenza per guasti provocanti forze di contatto anomale, validatore di nuove tecnologie di rodiggio <i>Train-trip/slow for faults creating unusually high contact forces, enabler of novel running-gear technology</i>	Tutte - All	Valori elevati delle forze di contatto sono rilevabili con certezza, anche se l'elevato grado di ridondanza probabilmente richiesto può complicare la calibrazione <i>High contact forces and variations are certainly easy to detect with the system, although the high redundancy probably required would complicate the setup</i>
Segnali di retroazione <i>Feedback signals</i>	Controllo trazione <i>Traction control</i>	Segnale di retroazione - differenza rispetto alla forza richiesta <i>Force feedback signals for difference with desired force</i>	Tutte le ruote motrici <i>All motorised wheels</i>	Sistema potenzialmente idoneo per questa tipologia di applicazioni <i>The system should be quite suitable for this type of application</i>
	Sterzata attiva <i>Active steering</i>	Segnale di retroazione - differenza rispetto alla forza richiesta <i>Force feedback signals for difference with desired force</i>	Tutte le ruote sterzanti <i>All actively-steered wheels</i>	Sistema potenzialmente idoneo, maggiore ridondanza probabilmente richiesta <i>The system is probably suited, but high redundancy level is probably required</i>

criterio aggiuntivo per il rilevamento o la conferma dei guasti attraverso la ricostruzione del vettore della forza di contatto;

- b. potrebbe contribuire al rilevamento di problemi relativi agli smorzatori antiserpeggio in combinazione con la misura di Y;
- c. la stima del coefficiente di aderenza quasi in tempo reale dovrebbe essere possibile con una precisione del 10%, migliorando così la gestione dello sforzo di trazione e la sostituzione o l'integrazione dei sistemi che sono attualmente utilizzati con lo stesso scopo, generalmente il controllo della velocità della ruota / del rotore.

Tali considerazioni aprono le porte a un'altra applicazione, che è la generazione di segnali di controllo in retroazione per i futuri sistemi di sterzata attiva delle ruote (cfr. Tab. 7).

4. Conclusioni

La ricerca descritta in questa memoria ha dimostrato che è possibile, almeno per il tipo di ruota considerato come caso di studio, ottenere misurazioni delle sollecitazioni sulle ruote (X, Y e Q) con una precisione dell'ordine del 10% e con un sistema che ha un buon potenziale per un'applicazione generalizzata e duratura sui treni in servizio. Il sistema WISE-FM richiede 2 canali estensimetrici per ruota e può utilizzare hardware permanente che, sebbene non ancora in commercio, ha già visto l'implementazione pratica in servizio. Potrebbe anche essere possibile limitare il sistema a 3 canali per sala montata sviluppando considerazioni di equilibrio strutturale teorico (da esplorare eventualmente nelle ricerche successive). Può essere utilizzato sia con sale convenzionali sia con assili a ruote indipendenti. Per molte potenziali applicazioni, solo alcuni convogli di una flotta potrebbero essere equipaggiati estendendo vantaggi all'intera flotta; per altre l'intera flotta dovrebbe essere equipaggiata. Le considerazioni al riguardo verrebbero sviluppate in uno studio separato, inclusi aspetti quali ridondanze, diagnostica e così via.

L'applicazione iniziale prevista del sistema era quella di generare spettri di carico in servizio utili alla riprogettazione riducendo le masse non sospese e consentendo piani di manutenzione adattati alle condizioni di servizio effettive. L'analisi descritta in questo documento mostra che ciò è possibile per le componenti di forza quasi statica e dinamica (ad es. impatti con cuori, giunti ecc., che sono una parte importante in uno spettro di carico). Anche se le forze non possono essere misurate accuratamente, né possono essere contati gli eventi e assegnato un valore di carico convenzionale (elevato). A causa della natura e della forma delle distribuzioni del carico, esiste un'alta sensibilità all'errore di misurazione del carico. Ciò richiederebbe una precisione estremamente elevata, probabilmente al di là di ciò che è attualmente possibile, anche con le configurazioni più sofisticate utilizzanti la stessa tecnologia.

tual values of contact forces to benchmark time histories, e.g. with new, partially worn, completely worn profiles. Otherwise forces could be compared with well-defined thresholds.

Separate mention is given to the longitudinal force X. In addition to creating a load distribution estimation also for this component and improving wheelset design, several potential developments can be recognised, all requiring further study:

- a. *failure detection improvement, the actual X and its variation could be used as additional criterion for failure detection or confirmation through reconstruction of the contact force vector;*
- b. *it could contribute to the detection of yaw damper problems in combination with Y;*
- c. *quasi real-time adhesion coefficient estimation should be possible with a 10% accuracy, thus improving tractive effort management, and replacing or integrating the systems are currently used with the same purpose, generally wheel/rotor speed control.*

This opens the door to another application, which is the provision of feedback control signals for future active steering systems (Tab. 7).

4. Conclusions

The research described in this paper has shown that it is feasible, at least for the wheel type used as a case study, to obtain measurements of wheel loads X, Y and Q with an accuracy of the order of 10% with a system that has a good potential for widespread and durable application on trains in service. The WISE-FM system requires 2 strain-gauge channels per wheel and may use durable hardware that is not yet Commercial Off-The-Shelf but has seen long-distance practical implementation in-service. It may even be possible to limit the system to 3 channels per wheelset through equilibrium considerations (to be explored eventually in subsequent research). It may be used with both solid-axle wheelsets and Independently Rotating Wheels. For many potential applications only a few trainsets of a fleet could be instrumented with benefits for the whole fleet, for other ones the whole fleet should be equipped. Considerations about it would be developed in a separate study, including e.g. channel redundancy, diagnostics and so on.

The initial intended application of the system was to generate in-service load distributions to inform re-design for the reduction of unsuspended masses and enable maintenance plans that adapt to the actual service conditions. The analysis described in this paper shows that this is possible both for the quasi-static and dynamic force components (e.g. impacts on frogs, joints etc. which are an important part of a load distribution). The forces cannot be measured accurately on these elements, but they can be counted and assigned a conventional (high) load value. Due the

La riduzione della massa non sospesa potrebbe essere sfruttata, ad esempio, alla fine della vita utile delle prime sale montate, che potrebbero essere sostituite da quelle riprogettate probabilmente con massa inferiore, con vantaggi per la manutenzione di veicoli e binari, consumo di energia. Questo potrebbe applicarsi ad altri componenti. La possibilità è particolarmente interessante in questi tempi di rapida innovazione grazie al programma SHIFT2RAIL, in quanto potrebbe consentire un time-to-market più rapido e la risoluzione dei problemi di nuovi progetti, oltre alla più facile introduzione delle modifiche di progettazione durante la vita di un prodotto.

I piani di manutenzione adattiva potrebbero essere avviati già dopo i primi mesi di monitoraggio. Gli intervalli di ispezione e sostituzione potrebbero essere regolati sulla base dei carichi misurati.

Gli altri usi sono la manutenzione su condizione, l'identificazione dei potenziali guasti pericolosi e la fornitura ridondanza di segnali di controllo ridondanti.

Con una precisione del 10%, WISE-FM consente potenzialmente di identificare diversi tipi di difetti sulla sala stessa, ma anche su elementi di sospensione e trasmissione. In linea di principio, qualsiasi guasto che provocasse una variazione di carico superiore al 10% per circa mezzo giro della ruota dovrebbe essere rilevabile: variazioni nella rigidità degli elementi di sospensione e altri difetti delle sospensioni, alcune forme di poligonazione, instabilità, guasti degli smorzatori, ad es. antisurpasseggi, guasti ai riduttori. Questo tipo di applicazione richiederebbe la strumentazione di tutte le sale montate e potrebbe trarre vantaggio dall'uso parallelo di sistemi diversi per rendere più robusta l'identificazione (ad es. accelerometri sul telaio del carrello o sui ponti riduttori per identificarne i difetti).

Un'altra possibilità è offerta dalla stima frequente del rapporto di trazione T/N e del coefficiente di aderenza che consente di comprendere meglio le sue variazioni giornaliere e stagionali.

Per quanto riguarda le applicazioni legate alla sicurezza, il rapporto di svio e la misurazione del coefficiente di aderenza rappresentano un contributo forse utile che richiederebbe solo la strumentazione di alcune sale montate. Se tutte le sale, oppure quelle valutate critiche, fossero equipaggiate, una misurazione della forza con precisione del 10% sarebbe in grado di rilevare i rischi per la sicurezza di marcia che quasi sicuramente genererebbero grandi variazioni di forza (ad esempio il rilevamento dello svio per applicazioni ad alta velocità). Questo tipo di applicazione è piuttosto impegnativo poiché ha effetti importanti non solo sulla sicurezza ma anche sulla disponibilità operativa (falsi allarmi genererebbero intervento della frenatura di emergenza). Pertanto, i severi requisiti di affidabilità e disponibilità dovrebbero essere soddisfatti tramite ridondanza nei sensori e nella catena di misura che potrebbero rendere il sistema molto più complesso.

Questo studio identifica WISE-FM come potenziale "attivatore" di tre innovazioni tecnologiche che potrebbe-

nature and shape of load distributions, there is a high sensitivity to load measurement error. This would call for extremely high accuracy, probably beyond what is currently possible even with the most sophisticated gauge configurations.

The reduction of unsuspended mass could be exploited for example at the end of the lifetime of the first wheelsets, which could be replaced by lighter redesigned ones, with benefits for vehicle and track maintenance, energy consumption. This might apply to other components. The possibility is particularly attractive in these times of hopefully rapid innovation thanks to the SHIFT2RAIL programme, as it could enable quicker time-to-market and troubleshooting of novel designs, plus the easier introduction of design changes during the lifetime of a product.

Adaptive maintenance plans could be initiated already after the first months of monitoring. Inspection and replacement intervals could be adjusted on the basis of the measured loads.

The other potential uses are for condition-based maintenance and hazard identification, and for provision of control signals.

With a 10% accuracy, WISE-FM potentially allows the identification of several types of defects on the wheelset itself but also on suspension and drive-train elements. Any fault that would cause a load variation of more than 10% for about half a wheel revolution should be detectable in principle: variations in stiffness of suspension elements and other suspension defects, some forms of out-of-round, instability, damper faults e.g. yaw dampers, possibly gearbox faults. This type of application would require all wheelsets to be instrumented, and could benefit from the parallel use of different systems to make identification more robust (e.g. accelerometers on the bogie frame or the gearboxes to identify their defects).

Another possibility is a frequent traction ratio T/N and adhesion coefficient estimation allowing a better understanding of its daily and seasonal variations.

Regarding safety-related applications, the derailment ratio and adhesion coefficient measurement is one possibly useful contribution which would only require a few wheelsets to be instrumented. If all, or all critical, wheelsets are instrumented, a 10% accuracy force measurement would of course be capable of detecting running safety hazards which would almost certainly generate large force variations (e.g. derailment detection for high-speed applications). This type of application is quite challenging since it has important effects not only on safety but also on operational availability (false alarms would generate train trips or slow-downs). Therefore, harsh reliability-availability requirements would need to be applied with redundancy in the sensors and the measurement chain that could make the system much more complex.

ro portare grandi benefici al trasporto ferroviario e contribuire così a un passaggio modale favorevole verso questa modalità sicura e sostenibile:

- manutenzione su condizione basata su carichi di servizio effettivi;
- introduzione di nuovi materiali, in particolare nelle parti non sospese e del rodiggio;
- sistemi attivi di sterzata delle ruote.

Sono necessarie ulteriori ricerche per i seguenti aspetti:

- valutazione degli impatti (ad es. costi e benefici per un operatore specifico o per tipo di operatore) al fine di decidere quali applicazioni sono più promettenti;
- validazione sperimentale del sistema;
- generazione degli algoritmi in base alle applicazioni selezionate.

In conclusione, il sistema WISE-FM potrebbe offrire una vasta gamma di funzioni classificabili come monitoraggio del carico in servizio, rilevamento precoce dei difetti, identificazione dei pericoli e fornitura di segnali di retroazione per varie applicazioni.

5. Riconoscimenti

Il progetto RUN2Rail ha ricevuto finanziamenti dal consorzio Shift2Rail nell'ambito del programma di ricerca e innovazione Horizon 2020 Unione Europea, convenzione n. 777564.

This study identifies WISE-FM as potential enabler of three technological breakthroughs that could bring great benefits to railways and thus contribute to a favourable modal shift towards this safe and green mode:

- *adaptive maintenance based on actual service loads;*
- *the introduction of new materials particularly in the unsuspended running-gear parts;*
- *active steering systems.*

Further research is needed for the following aspects:

- *to assess the impacts (e.g. costs and benefits for a specific operator or type of operator) in order to decide which applications are most promising;*
- *to prove the system experimentally;*
- *to generate the algorithms depending on the selected applications.*

All in all, the WISE-FM system could offer a wide variety of functions classifiable as in-service load monitoring, early defect detection, hazard identification and provision of feedback signals.

5. Acknowledgements

The RUN2Rail project has received funding from the Shift2Rail Joint Undertaking under the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 777564.

BIBLIOGRAFIA - REFERENCES

- [1] SHIFT2RAIL, «Multi-Annual Action Plan,» 2015.
- [2] UNI, *UNI EN 13260:2011 Applicazioni ferroviarie - Sale montate e carrelli - Sale montate - Requisiti del prodotto*, UNI, 2011.
- [3] UNI, *UNI EN 13103-1:2018 Applicazioni ferroviarie - Sale montate e carrelli - Parte 1: Metodo di progettazione per assi con boccole esterne*, UNI, 2018.
- [4] CEN, *NF EN 14363 - Railway applications - Testing for the acceptance of running characteristics of railway vehicles.*, CEN, December 2005.
- [5] D.E. OTTER, M.A. EL-SIBAIE, R.L. HIGGINS, «A design for next generation load measuring wheel sets,» in *Proceedings of the 1991 IEEE/ASME Joint Railroad Conference*, 1991.
- [6] A. BRACCIALI, F. CAVALIERE, M. MACHERELLI, «Review of instrumented wheelset technology and applications,» in *Proc. 2nd Int. Conf. Railway Technol., Res., Develop., Maintenance*, 2014.
- [7] A. MATSUMOTO, Y. SATO, H. OHNO, M. TOMEOKA, K. MATSUMOTO, J. KURIHARA, T. NAKAI, «A new measuring method of wheel-rail contact forces and related considerations,» *Wear*, vol. 265, n. 9-10, pp. 1518-1525, 2008.
- [8] L. GASPARETTO, S. ALFI, S. BRUNI, «Data-driven condition-based monitoring of high-speed railway bogies,» *International Journal of Rail Transportation-*, vol. 1, n. 1-2, pp. 42-56, 2013.
- [9] S. BRUNI, R. GOODALL, T.X. MEI, H. TSUNASHIMA, «Control and monitoring for railway vehicle dynamics,» *Vehicle System Dynamics*, vol. 45, n. 7-8, pp. 743-779, 2007.
- [10] S. e. a. BRUNI, «Road test data procedures for evaluating the hunting instability threshold of a railway vehicle from on board measurements,» *Vehicle System Dynamics*, vol. 33.sup1, pp. 168-179, 1999.
- [11] DH e. a. LEE, «Development of condition monitoring system for reduction unit of high-speed rail,» *Journal of the Korean Society for Precision Engineering*, vol. 30, n. 7, pp. 667-672, 2013.

- [12] CEN, *TSI LOC&PAS - Regolamento (UE) n. 1302/2014*, European Railway Agency, 2014.
- [13] M. ENTEZAMI, ET. AL., «*Perspectives on railway axle bearing condition monitoring*,» *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit*, p. 0954409719831822, 2019.
- [14] G.R. CORAZZA, G. MALAVASI, R. LICCIARDELLO, M. MARCONE, «*La ruota come sensore d'interazione ruota rotaia*,» *Ingegneria Ferroviaria*, n. 3, pp. 119-131, 1999.
- [15] M. BRUNER, G. CORAZZA, E. COSCIOTTI, R. LICCIARDELLO, G. MALAVASI, «*Y- und Q- Kräftermessung: Analyse und Feldfahrungen eines neuen Verfahrens*,» *ZEV rail Glasers Annalen*, vol. 128, pp. 272-277, 2004.
- [16] M. ALESSANDRIA, B. DOTTA, R. LICCIARDELLO, «*Long-term contact force measurements with the CML method*,» *Ingegneria Ferroviaria*, vol. 66, pp. 929-948, 2011.
- [17] M. BRUNER, G.B. BROGGIATO, R.V. LICCIARDELLO, in *XXXII Congresso AIAS (Associazione Italiana per l'Analisi delle Sollecitazioni)*, 2003.
- [18] S. CANTINI, S. BERETTA, «*Structural reliability assessment of railway axles*,» 2011: Lucchini RS.
- [19] T.X. MEI, X.J. DING, «*A model-less technique for the fault detection of rail vehicle suspensions*,» *Vehicle System Dynamics*, vol. 46, n. S1, pp. 277-287, 2008.
- [20] F. SAVIN, F. BRAGHIN, «*Project no. TST-CT-2005-516196 - Wheelset integrated design and effective maintenance - D2.1 Load spectra for two service profiles to be used in new design*,» WIDEM, 2008.
- [21] A. MATSUMOTO, S. YASUHIRO, O. HIROYUKI, «*A new monitoring method of train derailment coefficient*,» *QR*, pp. 136-140, 2002.
- [22] D. CORTIS, M. BRUNER, G. MALAVASI, «*Development of a wayside measurement system for the evaluation of wheel-rail lateral contact force*,» *Measurement* 159 (2020) 107786, www.elsevier.com/locate/measurement.
- [23] M. BRUNER, G.R. CORAZZA, «*Note sullo sviluppo di un pensiero scientifico originale nelle ferrovie - La marcia in rettilineo e in curva. Notes on the development of an original scientific thought in the rail system - Running on a straight track and cornering*,» *INGEGNERIA FERROVIARIA*, 09/2018 Edizioni CIFI <http://www.Ingegneriaferroviaria.it/web>.
- [24] M. BRUNER, D. CORTIS, G. MALAVASI, S. ROSSI, «*Estimation of the wheel-rail lateral contact force from wayside measurements*,» art. N. 44, *AIIT INTERNATIONAL CONGRESS ON TRANSPORT INFRASTRUCTURE AND SYSTEMS 04/2017 CRC Press/Balkema Taylor & Francis Group* <http://www.balkema.nl>.
- [25] M. BRUNER, M. CATENA, D. CORTIS, G. MALAVASI, S. ROSSI, «*Estimation of the wheel-rail lateral contact force through the analysis of the rail web bending strains*,» *MEASUREMENT* 12/2016 Elsevier www.elsevier.com/locate/measurement.
- [26] M. BRUNER, G.R. CORAZZA, M.V. CORAZZA, «*Divagazioni sull'ingegnere ferroviario - Osservazioni e proposte*,» *INGEGNERIA FERROVIARIA*, 08/2016 Edizioni CIFI <http://www.cifi.it>.
- [27] J.M. JARILLO, J. MORENO, S. ALFI, S. BARLET, P. BOUVET, S. BRUNI, R. LICCIARDELLO, «*Novel Technology concepts and architecture for on-board condition-based monitoring of railway running gear: the Run2Rail vision*,» *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit*, p. 0954409720951409, 2020.

Disclaimer

I contenuti della presente memoria riflettono i punti di vista degli autori e la JU non è responsabile dell'utilizzo, di qualsiasi natura, che possa essere fatto delle informazioni.

The contents of this paper reflect only the authors' point of view and the JU is not responsible for any use that may be made of information it contains.

IDEE, PROGETTI E SOLUZIONI GLOBALI PER INFRASTRUTTURE SOSTENIBILI NEL MONDO.

Italferr, società di ingegneria del Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane, è leader sul mercato italiano e internazionale in progettazione, direzione lavori e project management di opere infrastrutturali.

Dall'ideazione fino alla messa in esercizio, offre al cliente il proprio know how, frutto di un'esperienza di oltre 30 anni, finalizzato ad ottenere le migliori soluzioni tecnologiche, integrate e a basso impatto ambientale.



ITALFERR

GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE



Caratteristiche infrastrutturali e spazi del trasporto collettivo su gomma nel regolamento viario urbano

Collective road transport infrastructural characteristics and spaces in the urban road regulation

Benedetto BARABINO^(*)
 Michela BONERA^(*)
 Roberto VENTURA^(*)
 Giulio MATERNINI^(*)

Sommario - Il Regolamento Viario disciplina le caratteristiche, gli usi e le modalità di gestione degli elementi stradali per tutte le componenti di traffico ammesse. Tra esse rientra il trasporto collettivo, che è una componente prioritaria della mobilità soprattutto urbana, ma è quasi generalmente trascurata nelle specifiche tecniche dettate dai regolamenti viari italiani vigenti.

A partire dalle criticità emerse analizzando alcuni regolamenti viari e sulla base di letteratura internazionale, esperienza professionale e normativa vigente, la nota contiene standard tecnici sulle caratteristiche infrastrutturali e sugli spazi da destinare al trasporto collettivo su gomma, nell'ambito della redazione della parte specifica del Regolamento Viario in ambito urbano.

Sebbene non completamente esaustivi, i risultati ottenuti permettono di inquadrare gli elementi fondamentali del trasporto collettivo secondo una visione sistemica e raccomandano una forte cooperazione tra i gestori delle reti ed i tecnici incaricati alla redazione del Regolamento Viario, per stabilire gli standard più adatti per l'ambito urbano di riferimento.

1. Introduzione

Come noto, le Direttive per la redazione, adozione ed attuazione del Piano Urbano del Traffico (PUT) - [1] - rappresentano il recepimento dell'art. 36 del Nuovo codice della strada ([2]). In tali Direttive, viene introdotto il Regolamento Viario (RV) che stabilisce, al punto 1.2 dell'Allegato, standard tecnici (o specifiche tecniche) minimi per ogni elemento della rete stradale con riferimento: (i) alle componenti di traffico ammesse¹ ed alla loro regolazione, con particolare attenzione alle utenze debo-

Summary - The Road Regulation regulates the characteristics, uses and management of the several road elements for all the allowed traffic components. The collective transport is one of the priority components, especially for urban mobility, but it is generally neglected in the technical specifications of the current Italian Road Regulations.

Starting from the critical issues that emerged from the analysis of existing Road Regulations and based on the international literature, professional experience and current legislation, the note provides technical standards about the infrastructural characteristics and the spaces to be allocated to the collective road transport. This is to be intended as a starting reference to develop the specific part of Road Regulation for urban areas.

Although not completely exhaustive, the results obtained allow to frame the fundamental elements of the collective transport according to a systemic vision. Also, they recommend strong cooperation between the network managers and the technicians in charge of drafting the Road Regulations, to establish the most suitable standards for the urban area of reference.

1. Introduction

As it is known, the Directives for the developing, adoption and implementation of the Urban Traffic Plan (UTP) - [1] - represent the implementation of Art. 36 of the New Highway Code ([2]). At the point 1.2 of the Annex (or technical specifications) the Directive introduces the Road Regulation (RR), which establish minimum technical standards for each element of the road network with reference to: (i) the permitted traffic components¹ and their regulation, with particular attention to vulnerable road

^(*) Dipartimento di Ingegneria Civile, Architettura, Territorio, Ambiente e di Matematica (DICATAM), Università di Brescia, Italy.

¹ In accordo con il punto 3.2.1 di [1], le quattro componenti fondamentali del traffico esposte secondo l'ordine assunto nella loro scala dei valori sono: i pedoni; i veicoli motorizzati per il trasporto collettivo con fermate di linea; i veicoli motorizzati senza fermate di linea; veicoli in sosta.

^(*) Department of Civil, Environment, Land and Architecture Engineering and Mathematics (DICATAM), University of Brescia, Italy.

¹ According to point 3.2.1 of [1], the four fundamental components of traffic are: pedestrians; motorised vehicles for collective transport with line stops; motorised vehicles without line stops; parked vehicles.

li²; (ii) alle caratteristiche geometriche delle sezioni stradali e del tracciato; (iii) alla organizzazione e regolamentazione delle intersezioni stradali; (iv) all'organizzazione della sosta; (v) alla disciplina della occupazione temporanea e permanente della sede stradale e degli spazi pubblici ([1]). Gli standard tecnici indicati nel RV sono cogenti³ per le infrastrutture di nuova realizzazione, mentre rappresentano valori di riferimento sulle strade esistenti oggetto di adeguamento e riqualificazione nella misura in cui le condizioni stradali lo consentano. Infatti, è fatta salva la deroga di cui al Decreto Ministeriale (DM) 6792/2001, che consente di adottare, per le soluzioni progettuali proposte, standard inferiori a quanto previsto da RV, ma sempre con l'obiettivo del miglioramento della funzionalità e della sicurezza stradale ([3]). Il RV va redatto oltre che in accordo con [1], [2], [4], anche seguendo le indicazioni e prescrizioni di leggi, normative, regolamenti e direttive vigenti (e.g., [3], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11]) e prendendo spunto dalla letteratura nazionale ed internazionale. Tuttavia, già dalla sua introduzione avvenuta nel 1995 e forse anche a causa dell'assenza di specifiche indicazioni, il RV ha riscontrato difficoltà nella sua redazione. Pertanto, non è pienamente utilizzato come efficace strumento di attuazione del PUT, quindi non sembra interamente compreso nella sua valenza dalle Amministrazioni Pubbliche (AP).

Il Trasporto Collettivo (TC) è una delle componenti rilevanti di traffico interessate dal RV, tuttavia nei RV vigenti non sono generalmente indicati elementi (o caratteristiche o attributi o fattori) che ne favoriscano una completa fruizione. Infatti, le poche AP che hanno specificato le caratteristiche infrastrutturali e gli spazi da destinare al TC, si sono limitate a fornire degli standard di massima relativamente a pochi elementi, quali: (a) le caratteristiche funzionali delle strade interessate dal transito di tali veicoli e (b) le caratteristiche geometriche longitudinali e ortogonali delle vie di corsa e delle fermate. Gli elementi del TC trattati nei RV sono sviluppati separatamente e non secondo una visione sistemica. Inoltre, per quanto è di nostra conoscenza, si trovano pochissime indicazioni sugli elementi minimi del TC che dovrebbero essere contenuti nel RV. D'altra parte, poiché il TC deve integrarsi con le funzioni urbanistiche presenti sul territorio, il RV dovrebbe contenere il maggior numero di specifiche tecniche che regolamentino le caratteristiche infrastrutturali e funzionali del TC. Ad esempio, riguardo la fermata⁴, il

users (VRU)²; (ii) the geometric characteristics of the road sections and the route; (iii) the organisation and regulation of road intersections; (iv) the organisation of parking; (v) the regulation of the temporary and permanent occupation of the road and public spaces ([1]). The technical standards indicated in the RR are mandatory³ for newly built infrastructures, while they represent reference values on existing roads subject to adaptation and redevelopment to the extent that road conditions allow so. In fact, there is the exception referred to in Ministerial Decree (DM) 6792/2001, which allows adopting standards lower than those envisaged by the RR, for the proposed design solutions, but always with the aim of improving functionality and road safety ([3]). The RR must be drawn up not only in accordance with [1], [2], [4], but also following the indications and prescriptions of laws, regulations, rules and directives in force (e.g., [3], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11]) and taking inspiration from national and international literature. However, since their introduction in 1995 and perhaps also due to the absence of specific indications, the RR have encountered difficulties in their drafting. Therefore, they are not fully used as an effective tool for implementing the UTP, so they do not seem to be entirely understood in their value by the Public Administrations (PA).

Collective Transport (CT) is one of the important traffic components affected by the RRs, however in the RRs in force, elements (or characteristics or attributes or factors) that favour their complete use are generally not indicated. In fact, the few PAs that specified the infrastructural characteristics and the spaces to be allocated to CT, are limited in providing general standards relating to a few elements, such as: (a) the functional characteristics of the roads affected by the transit of these vehicles and (b) the longitudinal and orthogonal geometric characteristics of the transport ways and stops. The CT elements treated in the RRs are developed separately and not according to a systemic view. Furthermore, as far as we know, there are very few indications on the minimum elements of CT that should be contained in the RRs. On the other hand, since CT must integrate with the urban planning functions present in the area, RRs should contain as many technical specifications as possible that discipline the infrastructural and functional characteristics of CT. For example, regarding the stop⁴, RRs should also specify the accessibility characteristics by

² In accordo con l'art. 3, comma 53 bis, del Nuovo codice della strada, si intendono per utenze deboli: pedoni, disabili in sedia a ruote, ciclisti e tutto coloro i quali meritino una tutela particolare dai pericoli derivanti dalla circolazione sulle strade ([2]).

³ Solo se il RV è stato approvato dal Consiglio Comunale.

⁴ In questa nota, si intende con fermata lo spazio complessivo destinato all'accostamento del mezzo su gomma ed alle operazioni di salita e discesa dei passeggeri. Questa definizione include sia l'area di attesa, se non altrimenti specificato, e sia lo spazio libero da interferenze con il flusso veicolare individuale; e.g., l'intera segnaletica orizzontale dedicata alla fermata.

² In accordance with Art. 3, paragraph 53 bis, of the New Highway Code, vulnerable road users (VRU) are: pedestrians, disabled people in wheelchairs, cyclists and all those who deserve particular protection from the dangers deriving from traffic on the roads ([2]).

³ Only if the RRs have been approved by the City Council.

⁴ In this note, stop is understood as the overall space intended for the approach of the road vehicle and for boarding and alighting of passengers. This definition includes both the waiting area, unless otherwise specified, and the space free from interference with the individual vehicular flow; e.g., the entire road markings dedicated to the stop.

RV dovrebbe specificare oltre alla mera descrizione della tipologia e del posizionamento, anche le caratteristiche di accessibilità da parte dei pedoni (anche di coloro con difficoltà motorie), degli arredi più congeniali, *etc.*, praticamente trascurati nei RV analizzati.

Redatta con le finalità di una linea guida⁵, questa nota tecnica ha come obiettivo principale l'analisi delle caratteristiche infrastrutturali e degli spazi del TC su gomma, funzionali alla redazione del RV in ambito urbano, con maggiore sistematicità rispetto a quanto presente nei RV vigenti, raggruppando diversi standard tecnici e specificandone gli elementi minimi. Per raggiungere tale obiettivo si conduce una analisi a tre livelli: al primo livello si inquadra la componente TC nell'ambito di specifica normativa; al secondo livello si raccomandano specifiche tecniche per la via di corsa; al terzo livello, si raccomandano specifiche tecniche per la fermata, che è analizzata sia rispetto alla manovrabilità del veicolo e sia all'accessibilità pedonale, al comfort nell'area di attesa ed alla sicurezza degli utenti.

Questa nota è particolarmente rivolta ai tecnici delle AP che gestiscono e aggiornano il RV e ai professionisti del settore interessati alla redazione della specifica parte di competenza del TC all'interno del RV.

Dopo questa introduzione, la nota è organizzata come segue. Nella sezione 2 è sintetizzato lo stato dell'arte delle caratteristiche e degli spazi per il TC riportati in numerosi RV italiani e sono individuate alcune criticità. Nella sezione 3, sono descritti gli elementi infrastrutturali minimi e sono suggeriti degli standard per il TC da includere nel RV. Infine, nella sezione 4, sono fornite alcune raccomandazioni conclusive.

2. Stato dell'arte del trasporto collettivo nei regolamenti viari italiani

I RV adottati e/o approvati in diverse città italiane⁶ mostrano la ricchezza degli argomenti considerati. In particolare, i vigenti RV stabiliscono specifici standard per le caratteristiche geometriche delle sezioni stradali e di tracciato, l'organizzazione e regolamentazione delle intersezioni, l'organizzazione della sosta e della occupazione temporanea e permanente del suolo pubblico. Tali RV presentano una struttura comune. A partire da una iniziale suddivisione delle strade in esercizio, viene individuata la relativa classe funzionale indicando le dimensio-

pedestrians (even those with mobility difficulties), in addition to the mere description of the type and positioning, of the most congenial furnishings, etc., practically neglected in the RRs analysed.

This technical note is developed as a guideline⁵ and its main objective is the analysis of the infrastructural characteristics and spaces of road CT. These analysis are useful for the development of the RRs for the urban environment, being set up with greater systematic approach compared to the existing RRs, they group the different technical standards and specify the minimum elements thereof.

This note is particularly addressed to the technicians of PAs that manage and update the RRs and to the professionals of the sector interested in the drafting of the specific part of competence of CT within the RRs.

After this introduction, the note is arranged as follows. Section 2 summarises the state of the art of the characteristics and spaces for CT reported in numerous Italian RRs and some critical issues are identified. In section 3, the minimum infrastructure elements are described and standards are suggested for CT to be included in the RRs. Finally, in section 4, some concluding recommendations are provided.

2. Collective transport in Italian Road Regulations. The State of Art

The RRs adopted and/or approved in several Italian cities⁶ show the abundance of the topics considered. In particular, the current RRs establish specific standards for the geometric characteristics of the road and route sections, the organisation and regulation of intersections, the organisation of parking and the temporary and permanent occupation of public land. These RRs have a common structure. Starting from an initial subdivision of the roads in operation, the relative functional class is identified, indicating the dimensions of the various geometric elements. Subsequently, certain standards are established for the construction of particular infrastructural elements in the most detailed RRs, e.g., elements for moderating traffic, rest areas, parking for motorised vehicles (e.g., Bologna [12]; Varese [24]; Rome [14]; Brescia [18]).

Conversely, when the CT component is analysed, the technical specifications of the infrastructural characteris-

⁵ In questa nota, per linee guida si intendono raccomandazioni di specifiche tecniche, elaborate mediante un processo di revisione sistematica della normativa di riferimento e della letteratura.

⁶ Molti comuni pubblicano il RV come documento a sé stante ma, in altri casi, le specifiche del RV vengono ricomprese all'interno dei documenti di PUT o PGTU (Piano Generale del Traffico Urbano) senza separazione (e.g., Città Metropolitana di Torino). In questo articolo, si tratterà il caso del RV a sé stante.

⁵ In this note, guidelines refer to recommendations of technical specifications, developed through a systematic review process of the reference legislation and literature.

⁶ Many municipalities publish the RRs as a separate document but, in other cases, the specifications of the RRs are included in the UTP or UTGP (Urban Traffic General Plan) documents without separation (e.g., Metropolitan City of Turin). In this article, we will cover the case of the RRs on its own.

ni dei diversi elementi geometrici. Successivamente, nei RV più dettagliati vengono stabiliti determinati standard per la realizzazione di particolari elementi infrastrutturali e.g., elementi di moderazione del traffico, aree di sosta, parcheggi per i veicoli motorizzati (e.g., Bologna [12]; Varese [24]; Roma [14]; Brescia [18]).

Viceversa, quando si analizza la componente TC, le specifiche tecniche delle caratteristiche infrastrutturali e degli spazi sono poco dettagliate e riguardano generalmente qualche attributo relativo alla via di corsa e alla fermata. Nelle Tabb. 1, 2 e 3, vengono riportate in maniera schematica le informazioni contenute nei RV di alcune esemplificative città italiane⁷, per illustrare la tipologia e il grado di approfondimento delle specifiche relative al TC.

In Tab. 1, sono riepilogati gli attributi che costituiscono la via di corsa delle linee del TC in alcune città, suddivise in base alla dimensione demografica ed elencate in ordine cronologico rispetto all'anno di adozione del RV.

Dalla Tab. 1, emerge quanto segue.

- Tutti i RV assegnano ai bus specifiche tipologie di strade, la cui larghezza minima della sezione è generalmente pari a 3,50m, anche in accordo con il DM 6792/2001 ([3]); dimensioni maggiori sono prescritte nel caso in cui sulla stessa corsia possano circolare in promiscuità i ciclisti. Di norma, i bus sono autorizzati a circolare su tutte le strade, tranne in quelle locali urbane, dove comunque può essere autorizzato il transito per effettuare inversioni di marcia e ricircoli di quartiere.
- Alcuni RV specificano le tipologie delle corsie preferenziali per livello di protezione (protette e non protette) e senso di marcia (concorde e/o contromano) rispetto al flusso dei veicoli motorizzati individuali; vengono anche specificati gli standard per delimitare (e/o proteggere) la corsia preferenziale dal resto delle corsie ordinarie facendo esplicito riferimento al Decreto del Presidente della Repubblica (DPR) 495/1992 ([4]).
- Gran parte dei RV ammette il transito di ulteriori categorie di veicoli motorizzati e non motorizzati sulle corsie preferenziali.
- I RV di Roma [14] e Cremona [26] suggeriscono di ricorrere alla priorità semaforica nei pressi delle intersezioni semaforizzate, laddove possibile.

Nella Tab. 2, sono riepilogati gli elementi che influenzano la manovrabilità dei bus nei pressi della fermata del TC, i.e. i fattori lato strada.

tics and spaces are not very detailed and generally concern some attributes relating to the bus lane and the stop. Tabs. 1, 2 and 3 show schematically the information contained in the RRs of some exemplary Italian cities⁷, to illustrate the type and degree of depth of the specifications relating to CT.

Tab. 1 summarises the attributes that make up the bus lane of CT lines in some cities, divided according to the demographic size and listed in chronological order with respect to the year of adoption of the RRs.

The following emerges from Tab. 1.

- *All RRs assign specific types of roads to the buses, whose minimum section width is generally equal to 3.50 m, also in accordance with Ministerial Decree 6792/2001 ([3]); larger sizes are required in the event that cyclists can circulate in promiscuity on the same lane. As a rule, buses are allowed to circulate on all roads, except on local urban ones, where in any case transit can be authorised for U-turn and neighbourhood recirculation.*
- *Some RRs specify the types of priority lanes by level of protection (protected and unprotected) and direction of travel (with flow and/or counter flow) with respect to the flow of individual motorised vehicles; the standards for delimiting (and/or protecting) the fast lane from the rest of the ordinary lanes are also specified, with explicit reference to the Decree of the President of the Republic (DPR) 495/1992 ([4]).*
- *Most RRs allow the transit of additional categories of motorised and non-motorised vehicles on the fast lanes.*
- *The RRs of Rome [14] and Cremona [26] suggest using the traffic light priority near the traffic light intersections, where possible.*

Tab. 2 summarises the elements that influence the manoeuvrability of the buses near the CT stop, i.e. the road-side factors.

The following emerges from Tab. 2.

- *According to Art. 352 of Presidential Decree 495/1992, in many RRs it is specified that the longitudinal positioning of the stop should be at least 20 m after the intersections ([4]). In cases where the number of CT vehicles queueing at the stop is such as to constitute an obstacle to the circulation, the stop can be located at least 10 m before the intersections ([4]).*

⁷ Le città italiane incluse nella revisione della letteratura sui RV sono state selezionate in base ai seguenti criteri: 1) ricerca libera su Google della parola chiave "Regolamento viario"; 2) limitazione alle prime 10 pagine di risultati; 3) tra le 10 pagine, selezione delle città che rendono disponibile online il RV; 4) tra le città selezionate, filtro fra quelle con popolazione superiore ai 30.000 abitanti, per cui il RV è obbligatorio - Art. n. 36 del DL 285/1992 [2]; 5) tra le città selezionate, filtro fra quelle che presentano una sezione specifica relativa al TC.

⁷ The Italian cities included in the review of RR literature were selected based on the following criteria: 1) free Google search for the keyword "Road Regulations"; 2) limitation to the first 10 pages of results; 3) among the 10 pages, selection of the cities that make the RRs available online; 4) among the selected cities, filter among those with populations over 30,000 inhabitants, for which the RRs are mandatory - Art. No. 36 of Legislative Decree 285/1992 [2]; 5) among the selected cities, filter among those that have a specific section related to CT.

Tabella 1 – Table 1

Itinerario TC - Caratteristiche della via di corsa (Questa tabella è rappresentativa, ma non è esaustiva)
 Bus itineraries - roadway characteristics of the transport way (This table is representative, but not exhaustive)

Città, anno City, year	Popolazione residente nel 2011 ⁸ Resident Population in 2011 ⁸	Tipologie strade bus Bus road type	Dimensioni Corsia Bus [m] Bus lane width [m]	Identificazione corsie preferenziali Right of way priority (space allocation)	Altri veicoli ammessi su corsia preferenziale Other vehicles allowed on priority lane	Delimitazione corsia Lane delimitation	Priorità Intersezioni Signal priority (time allocation)
Città metropolitane ⁹ Metropolitan cities ⁹							
Bologna, 2009 [12]	397.430	X	3,50 ÷ 4,50	NP, P	X	A	
Palermo, 2013 [13]	657.561	X	3,00 ÷ 4,50	NP, P, Pr	X	A	
Roma, 2015 [14]	2.752.020	X	3,00 ÷ 3,50	NP, P, Pr	X	A	X
Comuni fino a 250.000 abitanti Municipalities with up to 250,000 inhabitants							
Taranto, 2002 [15]	204.968	X	3,00 ÷ 3,50	NP, P, Pr	X	A	
Reggio Emilia, 2012 [16]	165.095	X	3,80 ÷ 4,50		X		
Ravenna, 2016 [17]	157.297	X	3,50 ÷ 4,00		X		
Brescia, 2018 [18]	192.961	X	3,50 ÷ 4,50		X	A	
Comuni fino a 150.000 abitanti Municipalities with up to 150,000 inhabitants							
Vicenza, 1999 [12]	116.979	X	3,25				
Latina, 2005 [20]	117.892	X	3,00 ÷ 3,25	NP, P, Pr	X	A	
Comuni fino a 100.000 abitanti Municipalities with up to 100,000 inhabitants							
Como, 2001 [20]	84.815	X	3,50 ÷ 4,50		X		
Carpi, 2009 [22]	68.488	X	3,50	NP, P		A	
Legnano, 2013 [23]	57.577	X	3,50 ÷ 4,50	NP, P	X		
Varese, 2013 [24]	81.187	X	3,50	NP, P	X	A	
Lucca, 2017 [25]	91.514	X			X		
Cremona, 2018 [26]	72.719	X	3,00 ÷ 3,50	NP, P	X	A	X
Comuni fino a 50.000 abitanti Municipalities with up to 50,000 inhabitants							
Paderno Dugnano, 2003 [27]	46.904	X		NP, P			
Castelfranco Veneto, 2012 [28]	33.373	X	3,50 ÷ 4,50	NP, P, Pr	X	A	
X = Include quel fattore; NP = non Protetta; P = Protetta; Pr = Propria. A = Art. 140 o art. 154 o art. 178 del DPR 495/1992 ([4]). X = Includes that factor; NP = not Protected; P = Protected; Pr = Dedicated. A = Art. 140 or Art. 154 or Art. 178 of Presidential Decree 495/1992 ([4]).							

⁸ È stato scelto il 2011 (anno del censimento) come anno di riferimento per il dato sulla popolazione residente nei diversi comuni citati perché medio tra l'anno del RV più datato (1999) e del RV più recente (2018). In tal modo si dovrebbe avere minore variazione della popolazione tra l'anno di redazione del RV e quello di riferimento. Fonte: datawarehouse dell'ISTAT, disponibile al link: <http://dati-censimentopopolazione.istat.it/Index.aspx?lang=it>. Consultato in data 13 marzo 2020.

⁸ 2011 (census year) was chosen as the reference year for the data on the resident population in the various municipalities mentioned because it is the average between the year of the oldest RRs (1999) and the most recent RRs (2018). In this way there should be less variability in the population number between the year of the RRs development and the reference year. Source: ISTAT datawarehouse, available at the link: <http://dati-censimentopopolazione.istat.it/Index.aspx?lang=it>. Consulted on 13 March, 2020.

⁹ Individuate come da Legge 7 aprile 2014 n. 56.

⁹ Identified as per Law No. 56 of 7 April 2014.

Tabella 2 – Table 2

Fermata TC - Fattori lato strada (Questa tabella è rappresentativa, ma non è esaustiva)
 CT stop - Road-side factors (This table is representative, but not exhaustive)

Città, anno City, year	Posizionamento della fermata, visibilità e segnaletica Bus stop location, visibility and signals							Veicoli di TC CT vehicles		Layout sezione stradale Road section layout						
	Longitudinale alla via di corsa Along the roadway	Ortagonale alla via di corsa Orthogonal to the roadway	Verticale - Palo fermata - Posizionamento e dimensioni Vertical - Stop pole - Placement and sizes	Altezza cordolo marciapiede [m] Kerb height [m]	Pendenza longitudinale della fermata Longitudinal slope at the stop	Visibilità della fermata Visibility of the stop	Segnaletica Orizzontale Horizontal signs	Dimensioni e raggi di volta Dimensions and turning radii	Pedana per sedia a ruote Wheelchair ramp	Bici su bus Bike on bus	Pavimentazione stradale Road pavement	Raggi di svolta alle intersezioni Turning radii at intersections	Impianti semaforici Traffic light systems	Accessi Carrabili Driveways	Attraversamenti pedonali Pedestrian crossings	Sistemazione Itinerario ciclabile Cycle lane configuration
Città metropolitane Metropolitan cities																
Bologna, 2009 [12]	D20; P10	L; M; G					B								P	X
Palermo, 2013 [13]	D20; P10	L; M; G	X				B								P	
Roma, 2015 [14]		L; M; G					B								P	
Comuni fino a 250.000 abitanti Municipalities with up to 250,000 inhabitants																
Taranto, 2002 [15]																
Reggio Emilia, 2012 [16]		L; M; G		0,10			B								P	
Ravenna, 2016 [17]		L; M; G					B									
Brescia, 2018 [18]	D20; P10	L; M; G		0,15			B								P	X
Comuni fino a 150.000 abitanti Municipalities with up to 150,000 inhabitants																
Vicenza, 1999 [19]	D20; P10	L; M; G			3%÷5%		B									
Latina, 2005 [20]	D20; P10	L; M; G			3%-5%		B								P	X
Comuni fino a 100.000 abitanti Municipalities with up to 100,000 inhabitants																
Como, 2001 [21]		L; M; G		<0,10											P	X
Carpi, 2009 [22]		L; M; G														
Legnano, 2013 [23]		L; M; G		0,10											P	
Varese, 2013 [24]		L; M; G					B								P	
Lucca, 2017 [25]		L; M; G					B								P	
Cremona, 2018 [26]	D20; P10	L; M; G					B				X	X	X		P	X
Comuni fino a 50.000 abitanti Municipalities with up to 50,000 inhabitants																
Paderno Dugnano, 2003 [27]																
Castelfranco Veneto, 2012 [28]	D20; P10	L; M; G	X				B					X			P	
X = include quel fattore; D20 = 20 m dopo intersezione; P10 = 10 m prima intersezione; L = Lungo strada; G = Golfo; M = Molo; B = Art. 151 del DPR 495/1992 ([4]); P = Dieto al bus X = includes that factor; D20 = 20 m after intersection; P10 = 10 m before intersection; L = Along the road; G = Bus bay M = Full-width boarder; B = Art. 151 of Presidential Decree 495/1992 ([4]); P = Behind the bus																

Dalla Tab. 2, emerge quanto segue.

- Secondo l'art. 352 del DPR 495/1992, in molti RV viene specificato che il posizionamento longitudinale della fermata dovrebbe essere almeno 20m dopo le intersezioni ([4]). Nei casi in cui l'accumulo dei mezzi alla fermata è tale da costituire intralcio alla circolazione, la fermata può essere collocata almeno 10m prima delle intersezioni ([4]).
- Secondo l'art. 151 del DPR 495/1992, tutti i RV propongono schemi tipo di posizionamento della fermata rispetto alla sezione stradale, completi di segnaletica orizzontale ([4]). Gli schemi variano a seconda che la fermata sia ubicata fuori oppure in carreggiata. Nel caso di fermata fuori carreggiata, tipico delle strade urbane di migliori prestazioni, viene raccomandato l'utilizzo del golfo di fermata. Nel caso di fermata in carreggiata, tipico per le restanti strade urbane, viene raccomandato l'uso della soluzione lungo strada, se in assenza di sosta, oppure la soluzione a molo (o isola salvagente) se in presenza di sosta. I RV di Bologna ([12]), Brescia ([18]) e Cremona ([26]) propongono schemi di fermata in presenza di pista ciclabile, utilizzando la stessa come elemento separatore fra il percorso pedonale e la fermata. Il RV di Brescia specifica numerose collocazioni di fermata a seconda della tipologia di strada considerata e della presenza o meno dell'itinerario ciclabile ([18]). Il RV di Roma prescrive per alcune tipologie di strade, l'uso di semi golfi di fermata di profondità ridotta pari a 1,5m, rispetto allo standard minimo di 2,7m ([14]). Ancora, lo stesso RV sembra riferirsi a tipologie di fermata "fra intersezioni" e riporta che sulle strade di quartiere a unica corsia per senso di marcia, le fermate prospicienti vanno distanziate di almeno 50m in posizione posticipata l'una rispetto all'altra.
- I RV di Vicenza e Latina raccomandano di posizionare la fermata in piano e, laddove non sia possibile, prescrivono una pendenza massima longitudinale inferiore al 5% ([19]; [20]).
- I RV di Como, Reggio Emilia, Legnano e Brescia regolamentano l'altezza del marciapiede nei pressi dell'area di fermata, rispettivamente fino ad un massimo di 0,10m ([16]; [21]; [23]) e 0,15m ([18]).
- Al fine di favorire la sicurezza pedonale e a meno di regolazione semaforica, gran parte dei RV prescrive di collocare gli attraversamenti pedonali in prossimità della fermata e posteriormente alla stessa (i.e., dietro al bus).
- Il RV di Cremona dà anche indicazione su diversi elementi del layout della sezione stradale ([26]).
- I RV di Castelfranco Veneto e Cremona danno indicazioni sui raggi di svolta nei pressi delle intersezioni per una migliore manovrabilità dei veicoli e una maggiore sicurezza nella circolazione ([26]; [28]).

Nella Tab. 3, sono riepilogati gli elementi, esterni alla via di corsa, che influenzano prioritariamente l'accessibi-

- According to Art. 151 of Presidential Decree 495/1992, all RRs propose typical scheme for positioning the stop with respect to the road section, complete with horizontal signs ([4]). The schemes vary depending on whether the stop is located outside or on the carriageway. In the case of an off-carriageway stop, typical of better performing urban roads, the use of the bus bay is recommended. In case of an "off-carriageway" stop, on the carriageway, typical for the remaining urban roads, the use of the solution along the road is recommended, if there is no stop, or the solution at the full-width boarder if in the presence of a stop. The RRs of Bologna ([12]), Brescia ([18]) and Cremona ([26]) propose stop schemes in the presence of a cycle path, using it as a separating element between the pedestrian path and the stop. The Brescia RRs specify numerous stop locations depending on the type of road considered and the presence or absence of the cycle route ([18]). For some types of roads, the RRs of Rome prescribe the use of half bus bays with a reduced depth of 1.5 m, compared to the minimum standard of 2.7 m ([14]). Again, the same RRs seem to refer to types of stops "between intersections" and report that on district streets with one lane in each direction of travel, the overlooking stops must be spaced by at least 50 m in a postponed position with respect to each other.
- The RRs of Vicenza and Latina recommend positioning the stop on level ground and, where this is not possible, prescribe a maximum longitudinal slope of less than 5% ([19]; [20]).
- The RRs of Como, Reggio Emilia, Legnano and Brescia regulate the height of the footpath near the stop area, up to a maximum of 0.10 m ([16]; [21]; [23]) and 0,15 m ([18]) respectively.
- In order to promote pedestrian safety and unless regulated by traffic lights, most RRs prescribe placing pedestrian crossings near the stop and behind it (i.e., behind the bus).
- The Cremona RRs also give indications on various elements of the layout of the road section ([26]).
- The RRs of Castelfranco Veneto and Cremona give indications on the turning radii near the intersections for better vehicle manoeuvrability and greater traffic safety ([26]; [28]).

Tab. 3 summarises the elements, external to the roadway, which primarily influence the accessibility, comfort and safety of pedestrians accessing the stop, i.e. the Curb-side factors.

Little information emerges from Tab. 3.

- Next to the stop, most RRs require that the footpath must be free of obstacles for a minimum width of 1.00 m between the vertical encumbrance of the obstacle and the outer edge of the path towards the carriageway. Furthermore, this prescription extends for a length equal to the entire stop. The RRs of Bologna and Palermo also specify a minimum distance between 0.3÷0.5 m between the front edge of any furniture and the edge of the carriageway or footpath ([12]; [13]).

Tabella 3 – Table 3

Fermata TC - Fattori lato marciapiede (Questa tabella è rappresentativa, ma non è esaustiva)
 CT Stop - Curb-side Factors (This table is representative, but not exhaustive)

Città, anno City, year	Accessibilità pedonale Pedestrian accessibility							Arredi funzionali nell'area di attesa Waiting area furnishing					
	alla fermata to the stop				all'area di attesa to the waiting area								
	Percorso pedonale - Dimensioni Trasversali [m] Pedestrian path - Cross-Dimensions [m]	Ostacoli Obstacles	Pavimentazioni Pavements	Segnaletica Signs	Posizione e dimensione Placement and size	Posizionamento Location	Sedia a Ruote Wheelchair	Pensiline - Presenza Bus shelter - Presence	Pensiline - Configurazione ed orientamento Bus shelter - Configuration and orientation	Panchine Benches	Rastrelliere Racks	Cestini porta rifiuti Garbage cans	Illuminazione Lighting
Città metropolitane Metropolitan cities													
Bologna, 2009 [12]	1,00							E					X
Palermo, 2013 [13]	1,00	X			X	X		E					
Roma, 2015 [14]													
Comuni fino a 250.000 abitanti Municipalities with up to 250,000 inhabitants													
Taranto, 2002 [15]													
Reggio Emilia, 2012 [16]											X		
Ravenna, 2016 [17]	1,00÷1,50							E					
Brescia, 2018 [18]	1,50							X					
Comuni fino a 150.000 abitanti Municipalities with up to 150,000 inhabitants													
Vicenza, 1999 [19]	1,00							E					X
Latina, 2005 [20]					X	X		E					X
Comuni fino a 100.000 abitanti Municipalities with up to 100,000 inhabitants													
Como, 2001 [21]		X									X		
Carpi, 2009 [22]													
Legnano, 2013 [23]		X									X		
Varese, 2013 [24]	1,50							E					
Lucca, 2017 [25]													
Cremona, 2018 [26]													
Comuni fino a 50.000 abitanti Municipalities with up to 50,000 inhabitants													
Paderno Dugnano, 2003 [27]													
Castelfranco Veneto, 2012 [28]		X			X	X		E	X	X		X	
X = include quel fattore; E = esterno al percorso pedonale. Questa tabella è rappresentativa, ma non è esaustiva. X = includes that factor: E = outside the pedestrian path. This table is representative, but it is not exhaustive.													

lità, il comfort e la sicurezza dei pedoni in accesso alla fermata, *i.e.* i fattori lato marciapiede.

Dalla Tab. 3, emergono poche informazioni.

- Di fianco alla fermata, gran parte dei RV prescrive che il marciapiede debba essere privo di ostacoli per una larghezza minima di 1,00m tra l'ingombro verticale dell'ostacolo ed il bordo esterno del percorso verso la carreggiata. Inoltre, questa prescrizione si estende per una lunghezza pari a tutta la fermata. I RV di Bologna e Palermo specificano anche una distanza minima compresa fra 0,3÷0,5m tra il filo frontale di eventuali arredi ed il bordo carreggiata o marciapiede ([12]; [13]).
- La quasi totalità dei RV prescrive un arredo di fermata (*i.e.*, pensilina) esterno al transito pedonale per non creare interferenze fra pedoni in transito e passeggeri in attesa. In caso di impossibilità, i RV fanno riferimento a quanto riportato nel punto precedente.
- In alcuni RV, viene specificato che le fermate devono essere facilmente accessibili, riconoscibili e ben illuminate. Ad esempio, nei RV di Bologna, Palermo e Varese viene specificato che la fermata deve essere riconoscibile mediante area per la salita e discesa dei passeggeri e palina di fermata munita di bacheca orari ([12]; [13]; [24]).

Nonostante sia stato fatto un notevole sforzo per inserire degli standard relativi a caratteristiche e spazi minimi per il TC, le informazioni contenute nelle Tabb. 1, 2 e 3 evidenziano carenze di alcuni elementi che potrebbero arricchire i RV di nuove specifiche.

A parte la necessaria classifica funzionale delle strade adibite al transito dei veicoli di TC, non vengono forniti standard tecnici su quando inserire una corsia riservata che vada oltre il mero spazio a disposizione. Solo il RV di Roma prescrive il ricorso alle corsie riservate laddove la frequenza di passaggio dei mezzi è superiore ai 25÷30 veicoli-ora ([14]). Allo stesso tempo, tutti i RV dovrebbero includere una classifica delle corsie preferenziali e specificare forme di priorità per i mezzi di TC nei pressi delle intersezioni.

La quasi totalità dei RV focalizza l'attenzione sul posizionamento longitudinale e ortogonale della fermata e stabilisce specifici standard che non vanno oltre gli articoli 151 e 352 del DPR 495/1992 ([4]). Tuttavia, non vengono forniti standard tecnici su quando utilizzare uno specifico posizionamento (*e.g.*, quando è conveniente realizzare un golfo di fermata? Quanto dovrebbe essere l'altezza del cordolo del marciapiede alla fermata?) Questa assenza di specifiche potrebbe essere attribuita ai soggetti incaricati della redazione dei RV (professionisti e/o AP) che potrebbero avere una conoscenza del TC poco approfondita e, pertanto, potrebbero demandare alle normative, ove possibile, oppure sorvolare sull'argomento. Comunque, le normative sono abbastanza generiche e non ricche di tali dettagli. Se è vero che in particolari ambiti del tessuto urbano consolidato – in particolare nei

- *Almost all RRs require stop furniture (i.e., shelter) outside the pedestrian path in order not to create interference between passing-through pedestrians and waiting passengers. In case of impossibility, the RRs refer to what is reported in the previous point.*
- *In some RRs, it is specified that the stops must be easily accessible, recognisable and well lit. For example, in the RRs of Bologna, Palermo and Varese it is specified that the stop must be recognisable by means of an area for boarding and alighting passengers and a stop sign equipped with a timetable ([12]; [13]; [24]).*

Although a considerable effort has been made to insert standards relating to characteristics and minimum spaces for CT, the information contained in Tabs. 1, 2 and 3 highlights deficiencies in some elements that could enrich the RRs with new specifications.

Apart from the necessary functional classification of the roads used for the transit of CT vehicles, no technical standards are provided on when to introduce a reserved lane that goes beyond the mere space availability. Only the RRs of Rome prescribe the use of dedicated lanes where the transit frequency of vehicles is greater than 25÷30 vehicles-hour ([14]). At the same time, all RRs should include a ranking of fast lanes and specify forms of priority for CT vehicles near intersections.

*Almost all RRs focus their attention on the longitudinal and orthogonal positioning of the stop and establish specific standards that do not go beyond articles 151 and 352 of Presidential Decree 495/1992 ([4]). However, no technical standards are provided on when to use a specific placement (*e.g.*, when is it convenient to build a bus bay? How high should the footpath curb at the stop be?) This lack of specifications could be attributed to the persons in charge of drafting the RRs (professionals and/or PAs) possibly with a poor knowledge of CT and, therefore, could delegate to regulations, where possible, or gloss over the subject. However, the regulations are quite general and scarce in such details. If it is true that in particular areas of the consolidated urban fabric - in particular in historic centres - many technical specifications can be difficult to apply, it is equally true that the specification of some technical standards would help to improve the use of the element in question to different road users, especially the VRU.*

*In the RRs of large cities such as Bologna [12]) and Rome ([14]) the possibility of extending the stop and in particular the waiting area is prescribed, where there may be bus queuing outside the stop. However, the lengths of the waiting area are specified instead of the number of additional areas. Additionally, numerous elements are neglected in almost all RRs such as *e.g.*, the positioning and vertical dimensions of the stop pole as well as the visibility conditions during boarding and alighting the vehicle, the characteristics of the vehicle in relation to overall dimensions when stopped and at the intersection, the driveways near the stop. However, their inclusion in RRs would help improve the manoeuvrability of vehicles near the stop.*

centri storici – molte specifiche tecniche possono essere di difficile applicazione, è altrettanto vero che la specificazione di alcuni standard tecnici aiuterebbe a migliorare la fruizione dell'elemento in oggetto ai diversi utenti della strada, in particolare a quelli deboli.

Nei RV di grandi città come Bologna ([12]) e Roma ([14]) viene prescritta la possibilità di allungare la fermata ed in particolare l'area di attesa, laddove si possano verificare incolonnamenti di bus fuori fermata. Tuttavia, vengono specificate le lunghezze dell'area di attesa anziché il numero delle aree aggiuntive. Inoltre, in quasi tutti i RV vengono trascurati numerosi elementi quali *e.g.*, il posizionamento e le dimensioni verticali della palina di fermata nonché le condizioni di visibilità durante le operazioni di salita/discesa sul/dal mezzo, le caratteristiche del veicolo relativamente ad ingombri in fermata ed in intersezione, gli accessi carrabili in prossimità della fermata. Tuttavia, la loro inclusione nei RV aiuterebbe a migliorare la manovrabilità dei veicoli nei pressi della fermata.

Eccezione fatta per Castelfranco Veneto ([28]), vengono trascurati molti dei fattori lato marciapiede, tranne lo spazio minimo del percorso pedonale, l'attraversamento pedonale nei pressi della fermata e l'illuminazione della fermata, sebbene in questo ultimo caso non siano riportate specifiche norme di riferimento. Allo stesso tempo, in analogia ai punti precedenti, non sono raccomandati specifici standard per preferire una tipologia di arredo rispetto ad un'altra (*e.g.*, quando installare una pensilina? Solo il RV di Varese dà specifiche raccomandazioni per il capolinea [24]). Tuttavia, includere le specifiche di ulteriori elementi (*e.g.*, spazio libero nell'area attesa per i passeggeri muniti di sedia a ruote) migliorerebbe il comfort e la sicurezza per tutti i passeggeri in attesa.

3. Linee guida per infrastrutture stradali e spazi di fermata per il trasporto collettivo su gomma nel regolamento viario in ambito urbano

In accordo con gli obiettivi dichiarati, la nota si pone come linea guida per i tecnici delle AP ed i professionisti del settore chiamati a redigere la parte specifica sul TC nel RV, fornendo una raccolta sistematica ed il più possibile completa di raccomandazioni e di standard tecnici relativi a diversi aspetti che dovrebbero essere ricompresi in tale sezione.

Si conduce una analisi a tre livelli come illustrato nella Fig. 1. In particolare, al primo livello si inquadra la componente del TC nell'ambito del RV e vengono identificate leggi, normative, regolamenti e decreti – di seguito norme – che definiscono le caratteristiche infrastrutturali e funzionali dello spazio stradale idoneo al transito dei veicoli del TC. Al secondo livello si forniscono standard specifici per la via di corsa identificata e precedentemente classificata. Al terzo livello si analizza la fermata secondo un approccio olistico (vale a dire sia con riferimento ai fattori lato strada, riguardanti la manovrabilità del veicolo, sia dei fattori lato marciapiede, inerenti alla

With the exception of Castelfranco Veneto ([28]), many of the footpath-side factors are neglected, except for the minimum space of the pedestrian path, the pedestrian crossing near the stop and the lighting of the stop, although in the latter case no specific reference rules are given. At the same time, similarly to the previous points, specific standards are not recommended for preferring one type of furniture to another (e.g., when should a shelter be installed? Only the RRs of Varese give specific recommendations for the headstop [24]). However, including the specifications of additional elements (e.g., free space in the waiting area for wheelchair passengers) would improve comfort and safety for all waiting passengers.

3. Guidelines for road infrastructure and stop areas for collective road transport in the urban regulation

In accordance with the stated objectives, the note is a guideline for the technicians of the PA and professionals of the sector in charge of the development of the specific part on CT in the RRs. The note provides a systematic and as complete as possible collection of recommendations and technical standards related to various aspects that should be included in this section.

A three-level analysis is conducted as illustrated in Fig. 1. In particular, the first level includes the component of CT in the context of the RRs and identifies laws, regulations, rules and decrees - hereinafter standards - which define the infrastructural and functional characteristics of the road space suitable for the transit of CT vehicles. At the second level, specific standards are provided for the transport way identified and previously classified. At the third level, stopping is analysed according to a holistic approach (i.e. both with reference to road-side factors, concerning the manoeuvrability of the vehicle, and footpath-side factors, relating to accessibility, comfort and safety of users) and some standards are recommended. Furthermore, Fig. 1 indicates the reference paragraph and the main topics addressed for each level.

3.1. Road infrastructure suitable for CT in the RRs

Legislative Decree (LD) 285/1992 (and subsequent amendments and integrations) and Ministerial Decree 6792/2001 identify the type of roads on which circulation of buses is allowed ([2], [3]). Tab. 4 shows the assignment of the traffic categories allowed for the different types of urban road; for some of them, further distinction, permitted by Legislative Decree 285/1992, was added between the main road and the service road in order to authorise traffic functions, on the same platform, for vehicles belonging to categories that are not compatible with each other ([2]). Tab. 4 illustrates that the bus traffic component is allowed in all types of roads, with the exception of local pedestrian or parking type roads.

Furthermore, the circulation of buses is allowed both in the ordinary lane and in the fast lanes. In this regard, the use of fast lanes and/or reserved roadways is suggested in

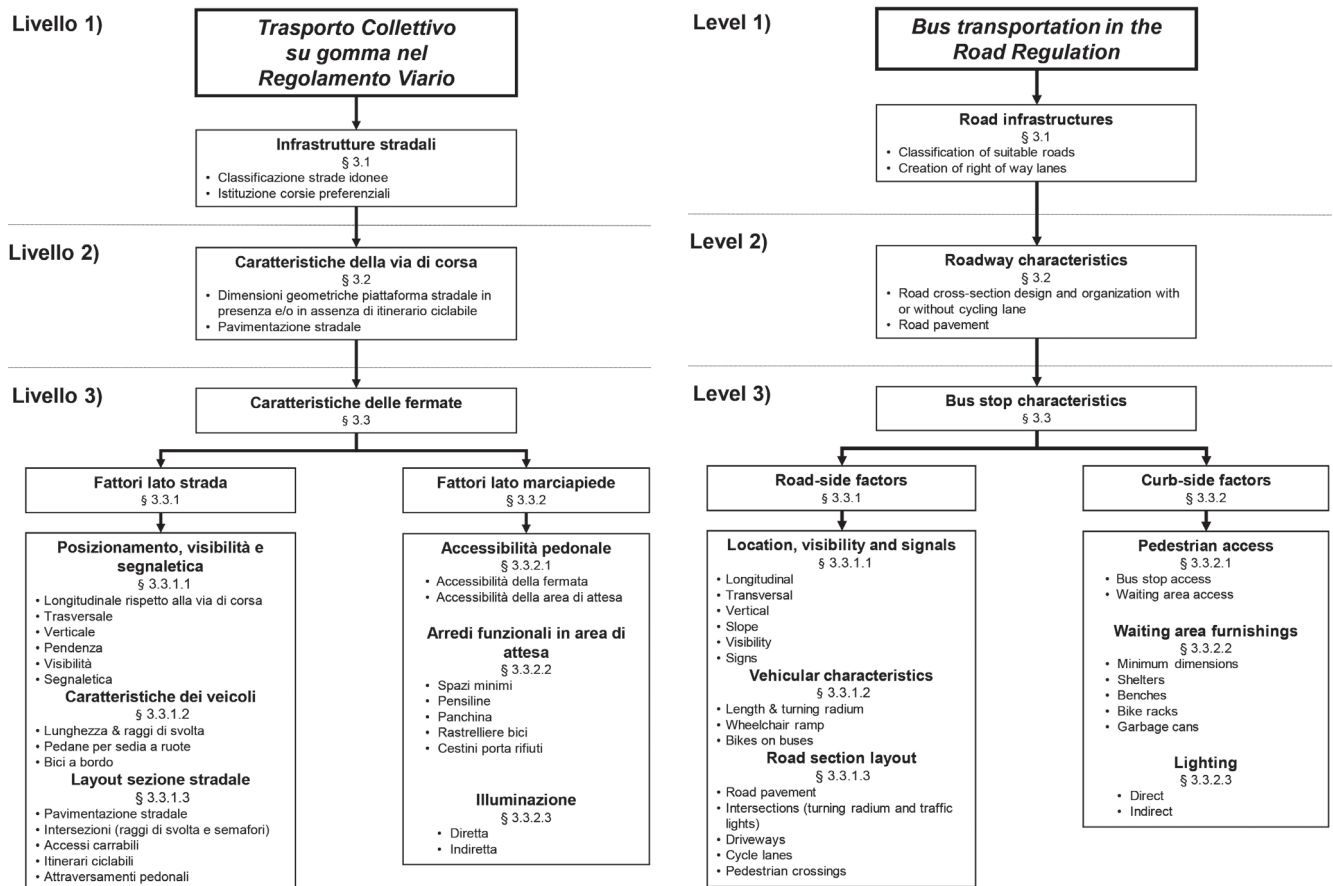


Figura 1 - Schema a blocchi dell'analisi proposta.
Figure 1 - Block diagram of the proposed analysis.

accessibilità, comfort e alla sicurezza degli utenti) e si raccomandano alcuni standard. Inoltre, per ogni livello, nella Fig. 1 sono stati indicati il paragrafo di riferimento e i principali argomenti affrontati.

3.1. Infrastrutture stradali idonee al TC nel RV

Il Decreto Legislativo (DL) 285/1992 (e s.m.i.) e il DM 6792/2001 individuano la tipologia delle strade sulle quali è ammessa la circolazione dei bus ([2], [3]). La Tab. 4 riporta l'assegnazione delle categorie di traffico ammesse per i diversi tipi di strada urbana; per alcuni di essi è stata inserita l'ulteriore distinzione, consentita dal DL 285/1992, tra strada principale e strada di servizio per poter autorizzare, sulla stessa piattaforma, funzioni di traffico per veicoli appartenenti a categorie non compatibili tra loro ([2]). Dalla Tab. 4, si nota come in tutte le tipologie di strade è ammessa la componente di traffico bus, ad eccezione delle strade locali di tipo pedonale o parcheggio.

Inoltre, la circolazione dei bus è ammessa sia in corsia ordinaria e sia in corsia preferenziale. A tal proposito, viene suggerito l'uso di corsie preferenziali e/o sedi stradali riservate in particolari condizioni ([1]). A meno che

particular conditions ([1]). Unless the study area is closed to other traffic components (e.g., individual motorised vehicle), fast lanes should be recommended when about 25÷30 buses/hour in each travel direction on the specific road, such as to guarantee a transport capacity between 2000÷4000 pass/h, much higher than that of individual vehicles alone. The use of fast lanes and/or reserved lanes is also necessary to improve safety at the stop, effectively eliminating the continuous overtaking of individual motorised traffic at the bus stop. Consequently, RRs should invoke these standards.

In general, the creation of fast lanes can take place by means of horizontal signs on the road paving or physical barriers in order to create dedicated lanes¹⁰. Fast lanes can

¹⁰ The separation between CT and individual transport can be done by creating bus ways. These are dedicated spaces, consisting of at least two lanes, for the exclusive use of buses. Within them, the buses can pass freely or can be guided by mechanical, magnetic and optical guided systems (e.g., [30]). The presence of bus routes in Italy is practically absent, in Europe it is very limited (e.g., Essen in Germany, Leeds in the United Kingdom), while it is more widespread in some overseas countries, especially in South America, because the adoption of a metro system would be too costly for these countries with developing economies (e.g., [31]).

l'area di studio non sia preclusa ad altre componenti di traffico (e.g., veicolo individuale motorizzato), le corsie preferenziali dovrebbero essere raccomandate quando sulla strada in questione transitano circa 25÷30 bus/ora per senso di marcia, tali da garantire una capacità di trasporto compresa fra 2000÷4000 pass/h, decisamente superiore a quella dei soli mezzi individuali. Il ricorso a corsie preferenziali e/o sedi riservate si rende necessario anche per migliorare la sicurezza in corrispondenza della fermata, eliminando di fatto i continui sorpassi del traffico motorizzato individuale, al bus in fermata. Di conseguenza, i RV dovrebbero richiamare questi standard.

In generale, la creazione di corsie preferenziali può avvenire mediante segnaletica orizzontale sulla pavimentazione stradale o barriere fisiche in modo da realizzare delle corsie dedicate¹⁰. Le corsie preferenziali possono essere classificate in funzione (i) del livello di protezione crescente e/o (ii) del senso di percorrenza.

Con riferimento ad (i), la corsia (o sede) preferenziale può essere distinta in: 1) riservata; 2) protetta; 3) propria¹¹. Con riferimento a (ii), le corsie riservate e quelle protette possono essere distinte in concordi o contromano. Il RV dovrebbe precisare che la corsia riservata e/o protetta del tipo concorde andrebbe creata lungo le strade dove è maggiormente presente la congestione e soprattutto nei pressi delle intersezioni, per non ritardare ulteriormente il mezzo di TC.

¹⁰ La separazione tra TC e trasporto individuale può avvenire realizzando bus vie. Esse sono degli spazi dedicati, costituiti da almeno due corsie, ad uso esclusivo dei bus. All'interno di essi, i bus possono transitare liberamente o possono essere guidati mediante sistemi a guida meccanica, magnetica ed ottica (e.g., [30]). La presenza delle bus vie in Italia è praticamente assente, in Europa è molto limitata (e.g., Essen in Germania, Leeds nel Regno Unito), mentre è più diffusa in alcuni paesi d'oltremare, specialmente nel Sud America, perché l'adozione di sistemi a guida vincolata risulterebbe troppo costosa per questi paesi con economia in via di sviluppo (e.g., [31]).

¹¹ Secondo l'art. 3, comma 1 del DL 285/1992, si definisce corsia riservata "una corsia di marcia destinata alla circolazione esclusiva di una o solo alcune categorie di veicoli" ([2]). In questa nota, fatta salva la definizione del DL 285/1992 ([2]), la corsia riservata ammette il transito di alcune categorie di veicoli, ma non è fisicamente separata dal resto della corrente veicolare. La corsia protetta consente di avere un buon grado di separazione fra il trasporto individuale e quello collettivo mediante la realizzazione di elementi fisici quali cordoli da realizzarsi in accordo agli art. 140, e/o 154.

Tabella 4 – Table 4

Categorie di traffico ammesse e spazi da assegnare ai mezzi TC in ambito urbano (Elaborazione da [1], [3] e [29])

Permitted traffic categories and spaces to be assigned to CT vehicles in urban areas (Processing by [1], [3] and [29])

Classe funzionale <i>Functional class</i>	Denominazione <i>Classification</i>	Bus <i>Bus</i>	Spazi per bus <i>Spaces for buses</i>
A - Autostrada Urbana <i>A - Urban Motorway</i>	Strada principale <i>Main road</i>	☐	Corsia ordinaria <i>Ordinary lane</i>
	Strada di servizio (eventuale) <i>Service road (if any)</i>	☐	Corsia ordinaria, Corsia preferenziale <i>Ordinary lane, Priority lane</i>
D - Urbana di scorrimento <i>D - Urban Motorway</i>	Strada principale <i>Main road</i>	☐	Corsia ordinaria <i>Ordinary lane</i>
	Strada di servizio (eventuale) <i>Service road (if any)</i>	☐	Corsia ordinaria, Corsia preferenziale <i>Ordinary lane, Priority lane</i>
E - Urbana di quartiere <i>E - Neighbourhood urban</i>		☐	Corsia ordinaria, Corsia preferenziale <i>Ordinary lane, Priority lane</i>
F - Locale <i>F - Local</i>		* ☐	Corsia ordinaria, Corsia preferenziale <i>Ordinary lane, Priority lane</i>
☐ = categoria ammessa; * ☐ = su strade locali classificate come pedonali e/o parcheggio non è ammessa la circolazione. ☐ = permitted category; * ☐ = traffic is not allowed on local roads classified as pedestrian and/or parking.			

be classified according to (i) the increasing level of protection and/or (ii) the direction of travel.

With reference to (i), the fast lane (or bus lane) can be divided into: 1) reserved; 2) protected; 3) dedicated¹¹. With reference to (ii), the reserved and protected lanes can be distinguished in with flow or counter flow. The RRs should specify that the reserved and/or protected lane of the with-flow type should be created along the roads where there is more congestion and especially near intersections, in order not to further delay the CT vehicle.

The adoption of the dedicated and/or protected lane of the counter flow type could be prescribed to reduce the length of the bus itinerary and provide privileged access to numerous traffic attractors (e.g. offices, schools). In this way, the bus could avoid following the normal route imposed on private vehicle traffic, guaranteeing better service performance, more convenient access times and methods

¹¹ According to Art. 3, paragraph 1 of Legislative Decree 285/1992, a dedicated lane is defined as "a lane intended for the exclusive circulation of one or only certain categories of vehicles" ([2]). In this note, without prejudice to the definition of Legislative Decree 285/1992 ([2]), the reserved lane allows the transit of certain categories of vehicles, but is not physically separated from the rest of the vehicular flow. The protected lane allows a good degree of separation between individual and collective transport through the creation of physical elements such as curbs to be built in accordance with Art. 140, and/or 154 and/or 178 of Presidential Decree 495/1992 ([4]). The right of way represents the infrastructure dedicated to the operation of the CT vehicle (e.g., the railway track with proprietary operation process).

L'adozione della corsia riservata e/o protetta del tipo contromano potrebbe essere prescritta per diminuire la lunghezza dell'itinerario del bus e fornire un accesso privilegiato a numerosi poli attrattori di traffico (e.g., uffici, scuole). In tal modo, si eviterebbe al bus di seguire il normale itinerario imposto al traffico veicolare privato, garantendo migliori performance del servizio, tempi e modalità di accesso più convenienti per l'utenza. Inoltre, in accordo con quanto presente in nord Europa (e.g., Danimarca, Olanda), la corsia contromano andrebbe prescritta per garantire maggiori condizioni di sicurezza e moderare la velocità del traffico veicolare in ingresso, soprattutto in corrispondenza delle intersezioni (e.g., [32]; [33]). Parimenti, in accordo con [1], nella definizione della rete preferenziale va posta particolare attenzione all'adozione dei sensi unici di marcia per evitare di allungare eccessivamente la fascia di influenza delle linee del TC. Una distanza non superiore ai 100m fra sensi unici è fortemente raccomandata e particolare cautela è richiesta per l'uso del contromano.

Infine, i RV dovrebbero richiamare all'uso di sistemi di controllo continuo (e.g., telecamere) e di associati sistemi di sanzionamento permanenti per scoraggiare l'uso delle corsie preferenziali ad altre categorie di veicoli non autorizzati (e.g., [31]).

3.2. Caratteristiche della via di corsa

Nella Tab. 5 vengono riportati alcuni standard minimi previsti per la piattaforma, per ciascuna classe funzionale delle strade urbane e per le eventuali strade di servizio, secondo il DM 6792/2001 ([3]).

La larghezza (o modulo¹²) della corsia sulle strade dove è ammessa la circolazione dei bus dovrebbe essere non inferiore ai 3,50m, perché la larghezza massima del veicolo (specchietti compresi) è di circa 3,20m. In accordo con i RV di Bologna ([12]), Reggio Emilia ([16]), Ravenna ([17]) e

for users. Furthermore, in accordance with what is present in Northern Europe (e.g., Denmark, Holland), the counter flow lane should be prescribed to ensure greater safety conditions and moderate the speed of incoming vehicular traffic, especially at intersections (e.g., [32]; [33]) Likewise, in accordance with [1], particular attention must be paid to the adoption of one-way traffic in defining the preferential network, to avoid excessively lengthening the range of influ-

Tabella 5 – Table 5

Dimensioni minime e composizione della piattaforma stradale su strade urbane (Elaborata da [3] e [29])
Minimum dimensions and composition of the road platform on urban roads (Processed by [3] and [29])

Classe funzionale Functional class	Denominazione Classification	Modulo corsia [m] Lane width [m]	Larghezza min. spartitraffico [m] Traffic island min. width [m]	Larghezza min. banchina in sinistra [m] Min. width of the left roadside [m]	Larghezza min. banchina in destra [m] Min. width of the right roadside [m]	Larghezza min. marciapiede [m] Min. footpath width [m]
A - Autostrada Urbana A - Urban Highway	Strada principale Main road (if any)	3,75	1,80	0,70	2,50 □	
	Strada di servizio (eventuale) Main road	3,50 □□		0,50	0,50	1,50
D - Urbana di scorrimento D - Distributor urban road	Strada principale Main road	3,25 □	1,80	0,50	1,00	1,50
	Strada di servizio (eventuale) Service road (if any)	2,75 □		0,50	0,50	1,50
E - Urbana di quartiere E - Neighbourhood urban		3,00 □□			0,50	1,50
F - Locale F - Local		2,75 □			0,50	1,50
□ = 3,50m per una corsia per senso di marcia, se strada percorsa da bus. □ = nel caso di strada a senso unico con una sola corsia, la larghezza complessiva della corsia più le banchine deve essere non inferiore a 5,50m, incrementando la corsia sino ad un massimo di 3,75m e riportando la differenza sulla banchina in destra. □□ = in assenza di corsia di emergenza. □ = 3.50 m for one lane in each direction of travel, if the road is travelled by bus. □ = in the case of a one-way street with only one lane, the overall width of the lane plus the platforms must be no less than 5.50 m, increasing the lane up to a maximum of 3.75 m and placing the difference on the platform on the right. □□ = in the absence of an emergency lane.						

¹² Secondo il comma 1 dell'art. 140 del DPR 495/1992, il modulo della corsia è la distanza tra gli assi delle strisce longitudinali della segnaletica orizzontale che delimitano la corsia ([4]).

Brescia ([18]), nel caso in cui sulla stessa corsia preferenziale siano ammessi ciclisti, la larghezza minima della corsia preferenziale dovrà essere pari a 4,00m in assenza di protezione o pari a 4,50m nel caso di protezione dalle altre correnti veicolari. Inoltre, in accordo con il RV di Reggio Emilia ([16]) e le linee guida svizzere ([34]), è bene prescrivere che la parte più a destra della corsia preferenziale dovrebbe essere libera da qualunque disturbo al transito delle biciclette (e.g., chiusini, caditoie).

Poiché i bus hanno la necessità di fermarsi frequentemente per consentire la salita e la discesa dei passeggeri, essi viaggiano solitamente nella corsia più a destra e quindi più vicini al ciglio del marciapiede. Pertanto, le corsie di marcia (ordinarie e/o preferenziali) vanno ubicate di norma fianco marciapiede, soprattutto laddove non esistono ampi spazi per la protezione delle operazioni di salita e di discesa dei passeggeri dai mezzi, così da operare in condizioni di massima sicurezza. Su strade a più carreggiate, le corsie di marcia vanno collocate su quelle laterali, come prescritto dal DM 6792/2001 ([3]). Inoltre, secondo il BU 178/1995, la pavimentazione delle corsie preferenziali andrebbe realizzata per quantità di traffico e qualità del sottofondo ([8]).

3.3. Caratteristiche delle fermate

Secondo il DM 6792/2001 ([3]), nella Tab. 6 vengono indicate le condizioni che regolano la possibilità di fermata dei mezzi collettivi sulle strade urbane che ne ammettono la circolazione e viene specificato come dovrebbe essere organizzata.

La fermata dovrebbe essere realizzata sempre all'esterno della carreggiata (punto 3.4.8. del DM 6792/2001 - [3]). Tuttavia, nei centri urbani in presenza e/o assenza di sosta e/o su corsia preferenziale, la fermata può essere ammessa anche in carreggiata ed attrezzata in accordo con l'art. 352 del DPR 495/1992 ([4]). Per quanto riguarda il traffico pedonale, laddove non è escluso, va organizzato su marciapiede, che deve essere protetto nel caso di strade urbane di scorrimento.

Comunque, quanto riportato in Tab. 6 non è sufficiente a stabilire specifici standard tecnici per la fermata, ma è bene riferirsi sia ai fattori interni alla sede stradale (fattori lato strada) e sia a quelli esterni ad essa (fattori lato marciapiede) in accordo con [1], [35], [36].

3.3.1. Fattori lato strada

I fattori lato strada interessano la manovrabilità dei bus in fermata. Essi riguardano il posizionamento della fermata, le caratteristiche dei veicoli del TC che impegnano la fermata ed il layout della sezione stradale nei pressi della fermata. Di questi fattori saranno forniti alcuni standard tecnici utili ad implementare la sezione TC del RV.

ence of CT lines. A distance of no more than 100 m between one-way streets is strongly recommended and particular caution is required for travelling counter flow.

Finally, RRs should call for the use of continuous monitoring systems (e.g., cameras) and associated permanent sanction systems to discourage the use of fast lanes to other categories of unauthorised vehicles (e.g., [31]).

3.2. Roadway characteristics

Tab. 5 shows some minimum standards envisaged for the platform, for each functional class of urban roads and for any service roads, according to Ministerial Decree 6792/2001 ([3]).

The width (or module¹²) of the lane on roads where bus circulation is allowed should be no less than 3.50 m, because the maximum width of the vehicle (including mirrors) is approximately 3.20 m. In agreement with the RRs of Bologna ([12]), Reggio Emilia ([16]), Ravenna ([17]) and Brescia ([18]), in the event that cyclists are allowed on the same fast lane, the minimum width of the fast lane must be equal to 4.00 m in the absence of protection or equal to 4.50 m in the case of protection from other vehicular currents. Furthermore, in accordance with the Reggio Emilia RRs ([16]) and the Swiss guidelines ([34]), it is good to prescribe that the rightmost part of the fast lane should be free from any obstacle to the transit of bicycles (e.g., manhole covers, storm drains).

Since buses need to stop frequently to allow passengers to board and alight, they usually travel in the rightmost lane and therefore closer to the curb. Therefore, the traffic lanes (ordinary and/or fast) should normally be located alongside the footpath, especially where there are no large spaces for the protection of passengers boarding and alighting the vehicles, so as to operate in conditions of maximum safety. On roads with several carriageways, the traffic lanes must be placed on the side ones, as prescribed by Ministerial Decree 6792/2001 ([3]). Furthermore, according to BU 178/1995, the paving of the fast lanes should be made based on the amount of traffic and the quality of the base ([8]).

3.3. Bus stop characteristics

According to Ministerial Decree 6792/2001 ([3]), Tab. 6 indicates the conditions that regulate the possibility for CT vehicles to stop on urban roads, on which CT circulation is allowed, and specifies how the stop should be organised.

The stop should always be placed outside the carriageway (point 3.4.8. of Ministerial Decree 6792/2001 - [3]).

¹² According to paragraph 1 of Art. 140 of Presidential Decree 495/1992, the module of the lane is the distance between the axes of the longitudinal strips of the horizontal signs that delimit the lane ([4]).

Tabella 6 – Table 6

Regolazione mezzi pubblici e del traffico pedonale su strade urbane
Public transport and pedestrian traffic rules on urban roads

Classe funzionale Functional class	Denominazione Classification	Regolazione dei mezzi pubblici Public transport rules	Regolazione del traffico pedonale Pedestrian traffic rules	Larghezza min. marciapiede [m] Min. footpath width [m]
A - Autostrada Urbana A - Urban Motorway	Strada principale Main road (if any)	Fermata esclusa Stop excluded	Escluso Excluded	–
	Strada di servizio (eventuale) Main road	Piazzole di fermata o eventuale corsia preferenziale Stopping areas or fast lane if any	Su marciapiede protetto On protected footpath	1,50
D - Urbana di scorrimento D - Urban expressway	Strada principale Main road	Corsia preferenziale e/o fermate organizzate Priority lane and/or organised stops	Su marciapiede protetto On protected footpath	1,50
	Strada di servizio (eventuale) Service road (if any)	Piazzole di fermata Stopping areas	Su marciapiede On footpath	
E - Urbana di quartiere E - Neighbourhood urban		Piazzole di fermata o eventuale corsia preferenziale Stopping areas or priority lane if any	Su marciapiede On footpath	1,50
F - Locale F - Local		Piazzole di fermata Stopping areas	Su marciapiede On footpath	1,50
Elaborata da [3] e [29]. Ulteriori esempi di organizzazione della piattaforma stradale in presenza di transito di mezzi pubblici e traffico pedonale sono contenuti nel capitolo 3.6 di [3] e nel seguito della trattazione. Processed by [3] and [29]. Further examples of organisation of the road platform in the presence of transit of public transport and pedestrian traffic are contained in chapter 3.6 of [3] and in the rest of the dissertation.				

However, in urban centres in the presence and/or absence of a stop and/or on a fast lane, the stop can also be allowed on the carriageway and equipped in accordance with Art. 352 of Presidential Decree 495/1992 ([4]). As regards pedestrian traffic, where it is not excluded, it must be organised on the footpath, which must be protected in the case of urban expressways.

However, what is reported in Tab. 6 is not sufficient to establish specific technical standards for stops, but it is good to refer both to factors internal to the roadway (road-side factors) and to those external to it (footpath-side factors) in accordance with [1], [35], [36].

3.3.1. Road-side factor

Road-side factors affect the manoeuvrability at the bus stop. They concern the positioning of the stop, the characteristics of CT vehicles that engage the stop and the layout of the road section near the stop. Some technical standards useful to implement the CT section of the RRs will be provided of these factors.

3.3.1.1. Positioning and visibility of the stop and sign

The positioning of the stop is the first element to consider and the most appropriate choice must take into account the following factors: e.g., road environment¹³, route of the bus and other lines in transit; geometry of the intersection, crossing and turning manoeuvres near the intersection; pedestrian accessibility; presence of fast lane; obstacles along the way (e.g., trees,

3.3.1.1. Posizionamento e visibilità della fermata e segnaletica

Il posizionamento della fermata è il primo elemento da considerare e la scelta più appropriata deve tener conto dei seguenti fattori: e.g., ambiente stradale¹³, itinerario del bus e di altre linee in transito; geometria della intersezione, manovre di attraversamento e di svolta nei pressi dell'intersezione; accessibilità pedonale; presenza di corsia

poles, driveways); traffic regulation devices.

Generally, a distinction is made between longitudinal and orthogonal positioning to the direction of travel of the vehicle and vertical positioning of the stop pole on the adjacent footpath.

With reference to longitudinal positioning (see Fig. 2), a distinction is made between three stopping schemes: (i) far

¹³ Nel posizionamento della fermata si reputa importante prendere in considerazione anche la classe funzionale della strada, la velocità operativa dei veicoli transitanti su tale strada e anche l'azonamento urbanistico.

¹³ When positioning the stop, it is also considered important to take into consideration the functional class of the road, the operating speed of the vehicles passing on this road and also the urban zoning.

preferenziale; ostacoli lungo la via (e.g., alberi, pali, strade private); dispositivi di regolamentazione del traffico.

In genere, si distingue fra posizionamento longitudinale e ortogonale alla marcia del veicolo e posizionamento verticale della palina di fermata sul marciapiede adiacente.

Con riferimento al posizionamento longitudinale (v. Fig. 2), si distingue fra tre schemi di fermata: (i) dopo l'intersezione; (ii) prima della intersezione; (iii) tra intersezioni o isolati consecutivi (e.g., [32], [35], [36], [37]). Tali configurazioni possono essere proposte in base alla presenza di coordinamento semaforico, qualità dell'accessibilità pedonale, flussi di traffico e spazi necessari ai veicoli nell'accostamento alle fermate ([35]).

Gli schemi (i) ed (ii) sono previsti dall'art. 352 del DPR 495/1992 che prescrive anche le distanze minime dalla intersezione di 20 m e 10 m, rispettivamente per il tipo (i) ed il tipo (ii) ([4]). La configurazione (iii) è invece uno standard *de facto* in uso presso numerose aziende di TC italiane e, come tale, dovrebbe essere richiamata nel RV. Comunque, il posizionamento (iii) può essere ricondotto al tipo (i) avanzando la area di fermata ben oltre il limite minimo imposto dall'art. 352 del DPR 495/1992 ([4]).

La Tab. 7 sintetizza vantaggi e svantaggi legati al posizionamento longitudinale della fermata, utili per il professionista ad individuare la soluzione di miglior compromesso per il sito prescelto.

In un dato momento possono presentarsi in fermata più mezzi. Pertanto, occorrerà prevedere un numero aggiuntivo di aree di attesa, per evitare un accumulo mezzi fuori fermata (e.g., [35]; [36], [38]). Il numero delle aree di attesa è funzione della frequenza e del tempo di fermata dei mezzi per consentire le operazioni di salita/discesa dei passeggeri. Ad esempio, in Tab. 8, si evince che se il bus si ferma mediamente 30 secondi e nell'ora di punta si prevede l'arrivo di 60 bus, occorrono due aree di attesa. Tale indicazione risulta essere in accordo anche con le li-

side bus stop; (ii) near side bus stop; (iii) mid blocks or consecutive blocks (e.g., [32], [35], [36], [37]). These configurations can be proposed based on the presence of traffic light coordination, quality of pedestrian accessibility, traffic flows and spaces necessary for vehicles approaching stops ([35]).

Diagrams (i) and (ii) are provided for by Art. 352 of Presidential Decree 495/1992 that also prescribes the minimum distances from the intersection of 20 m and 10 m, respectively for type (i) and type (ii) ([4]). Configuration (iii) is instead a *de facto* standard in use by many Italian CT companies and, therefore, should be referred to in the RRs. However, positioning (iii) can be traced back to type (i) by bringing forward the stopping area well beyond the minimum limit imposed by Art. 352 of Presidential Decree 495/1992 ([4]).

Tab. 7 summarises the advantages and disadvantages related to the longitudinal positioning of the stop, useful for the professional to identify the best compromise solution for the chosen site.

At a given moment, several vehicles can show up at the stop. Therefore, it will be necessary to provide for an additional number of waiting areas, to avoid an accumulation of vehicles outside the stop (e.g., [35]; [36], [38]). The number of waiting areas is a function of the frequency and stop time of the vehicles to allow boarding and alighting of passengers. For example, in Tab. 8, we can see that if the bus stops on average 30 seconds and 60 buses are expected to arrive during the rush hour, two waiting areas are required. This indication is also in accordance with the English guidelines, which show that the standard dimensions of a stop can be sufficient for a frequency of 15 buses/h but not for a frequency of 45 buses/h, so the area needs expanding ([39]). However, there is a minimal probability of exceeding the capacity of the waiting area. These indications should be recalled in the RRs.

Longitudinal positioning allows identifying a stop with respect to the direction of travel of the vehicle. However, longitudinal identification alone is not sufficient to establish the overall layout of the stop. Therefore, it is also necessary to refer to the orthogonal positioning of the stop with respect to the direction of travel. In this case, the stopping patterns must be differentiated according to whether the stop is located off or on the carriageway and whether parking is allowed or not. Tab. 9 summarises the main stopping patterns.

The stop along the road is a type of stop identified by Art. 151 of Presidential Decree 495/1992 [4]. The minimum dimensions are shown in Fig. 3, where *L* represents the length of the longest CT vehicle that makes 2 m longer stop. The horizontal signs that identify the stop are yellow; the striping is 0.12 m wide. Fig. 2 is self-explanatory. No particular conditions of applicability are usually required for this type of stop.

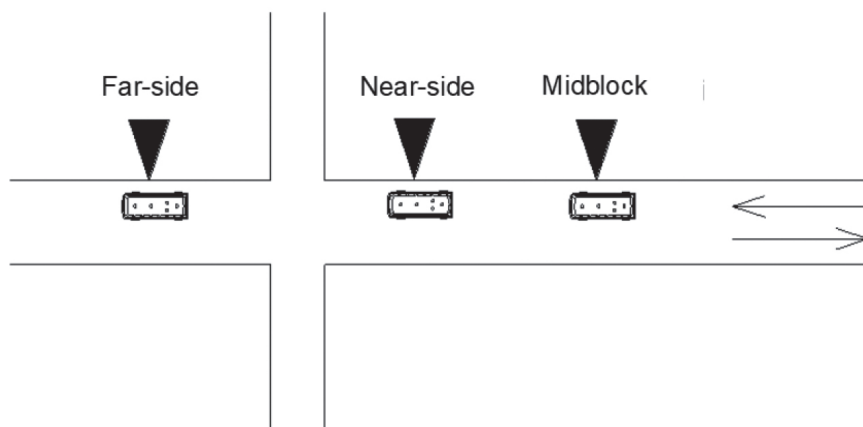


Figura 2 - Schemi tipo di posizionamento longitudinale di una fermata.
Figure 2 - Typical longitudinal positioning diagrams of a stop.

Tabella 7 – Table 7

Vantaggi e svantaggi del posizionamento longitudinale delle fermate (Elaborata da [36] e [37])
Advantages and disadvantages of the longitudinal positioning of the stops (Processed by [36] and [37])

Posizionamento longitudinale <i>Longitudinal positioning</i>	Vantaggi <i>Advantages</i>	Svantaggi <i>Disadvantages</i>
Dopo l'intersezione <i>Far Side Bus Stop</i>	- Minimizza i conflitti fra i veicoli che svoltano a destra ed i bus - Fornisce capacità aggiuntiva per le manovre di svolta a destra rendendo disponibile tale corsia - Minimizza i problemi di visibilità nei pressi dell'intersezione - Incoraggia i pedoni ad attraversare la strada dietro al bus - Si può usare l'intersezione per decelerare - Può creare dei gap nel traffico alle intersezioni semaforizzate <i>It minimises conflicts between right-turning vehicles and buses</i> <i>It provides additional capacity for right turning manoeuvres by making this lane available</i> <i>It minimises visibility problems near the intersection</i> <i>It encourages pedestrians to cross the street behind the bus</i> <i>The intersection can be used to slow down</i> <i>It can create gaps in traffic at traffic light intersections</i>	- Può saturare le intersezioni a causa della presenza contemporanea di più bus - Può generare code di traffico all'intersezione quando il bus è fermo in una corsia di marcia - Può limitare la visibilità ai veicoli ed ai pedoni in attraversamento - Può causare un nuovo arresto del bus, già fermo all'intersezione semaforizzata - Può favorire i tamponamenti tra veicoli privati e bus, soprattutto quando i veicoli erano già fermi al semaforo <i>It can saturate intersections due to the simultaneous presence of several buses</i> <i>It can generate traffic queues at the intersection when the bus has stopped in a lane</i> <i>It can limit the visibility to vehicles and pedestrians crossing</i> <i>It can cause a new stop of the bus, already stopped at the traffic light intersection</i> <i>It can encourage rear-end collisions between private vehicles and buses, especially when vehicles have already stopped at traffic lights</i> <i>It increases right turn conflicts</i> <i>It can obstruct vertical signs to vehicles and pedestrians when the bus has stopped</i> <i>It can block the crossing lane due to queued buses</i> <i>It increases the sight distance for pedestrians when crossing</i>
Prima dell'intersezione <i>Near Side Bus Stop</i>	- Elimina la potenzialità di doppia fermata (i.e., prima dell'intersezione per luce rossa di un eventuale semaforo e dopo per far salire/scendere i passeggeri) - Minimizza le interferenze, quando il traffico è sostenuto dopo l'intersezione - Consente ai passeggeri di accedere ai bus nei pressi dell'attraversamento pedonale e di poter salire e/o scendere dal mezzo quando esso è fermo al semaforo <i>It eliminates the double stop potential (i.e., before the red light intersection of a possible traffic light and after to pick up/drop off passengers)</i> <i>It minimises interference, when traffic is heavy after the intersection</i> <i>It allows passengers to access buses near the pedestrian crossing and to get on and/or off the vehicle when it has stopped at the traffic lights</i>	- Aumenta i conflitti di svolta a destra - Può oscurare la segnaletica verticale ai veicoli e pedoni, quando il bus è fermo - Può bloccare la corsia di attraversamento a causa di bus accodati - Incrementa la distanza di visibilità per i pedoni in fase di attraversamento <i>It increases right-turn conflicts</i> <i>It can obscure vertical signage to vehicles and pedestrians when the bus stops</i> <i>It can block the crossing lane due to queued buses</i> <i>It increases visibility for pedestrians while crossing</i>
Tra intersezioni o isolati <i>Mid-Block</i>	- Minimizza problematiche di visibilità per i veicoli e per i pedoni - Può ridurre la congestione pedonale delle aree d'attesa <i>It minimises visibility issues for vehicles and pedestrians</i> <i>It can reduce pedestrian congestion in waiting areas</i>	- Richiede più spazio da vietare alla sosta dei veicoli - Può favorire i passeggeri ad attraversare in aree non appositamente attrezzate - Aumenta la distanza pedonale per coloro che attraversano all'intersezione <i>Less space can be allowed to vehicle side parking</i> <i>It can lead passengers to cross at not-equipped areas</i> <i>It increases the walking distance for those crossing at the intersection</i>

nee guida inglesi, in cui si evince che le dimensioni standard di una fermata possono bastare per una frequenza di 15 bus/h ma non per una frequenza di 45 bus/h, per cui è necessario ampliare l'area ([39]). Comunque, esiste una probabilità minima di superare la capacità dell'area di attesa. Queste indicazioni dovrebbero essere richiamate nel RV.

Il posizionamento longitudinale consente di identificare una fermata rispetto alla direzione di marcia del veicolo. Tuttavia, la sola identificazione longitudinale non è sufficiente a stabilire il layout complessivo della fermata. Pertanto, occorre riferirsi anche al posizionamento ortogonale della fermata rispetto al senso di marcia. In questo caso, gli schemi di fermata vanno differenziati a seconda che la fermata sia ubicata fuori o in carreggiata e che sia consentita o meno la sosta. Nella Tab. 9, sono riepilogati i principali schemi di fermata.

La fermata lungo strada è un tipo di fermata individuato dall'151 del DPR 495/1992 ([4]). Le dimensioni minime sono riportate nella Fig. 3, dove L rappresenta la lunghezza del veicolo di TC più lungo che effettua la fermata maggiorata di 2m. La segnaletica orizzontale che identifica la fermata è gialla; le strisce sono larghe 0,12m. La Fig. 3 è auto esplicativa. Solitamente non vengono richieste particolari condizioni di applicabilità per questo tipo di fermata.

Tuttavia, la lunghezza della fermata può variare soprattutto nei pressi di una intersezione (Fig. 4).

Pertanto, possono essere suggerite alcune configurazioni adattate agli artt. 151 e 352 del DPR 495/1992 ([4]), che rendono possibile la applicazione per tutte le collocazioni longitudinali (e.g., [34]; [35], [36], [40], [41]).

Il molo di fermata è una estensione del marciapiede che interrompe la fila degli stalli di sosta longitudinali alla strada. Le dimensioni minime sono riportate nella Fig. 5, dove per L valgono le stesse definizioni della fermata lungo strada. La Fig. 5 è auto esplicativa. È da rilevare che tale configurazione rappresenta un elemento di moderazione del traffico, in una strada a singola carreggiata a due corsie con doppio senso di marcia (e.g., [34]; [41]; [42]).

Tali fermate operano similmente a quelle lato strada: i bus rimangono nella corsia di marcia normale, anziché inserirsi nell'area posizionata nella zona di parcheggio.

Tabella 8 – Table 8

Numero delle aree di attesa (Elaborata e adattata al contesto italiano da [36] e [38])

Number of waiting areas (Developed and adapted to the Italian context by [36] and [38])

Frequenza [bus/h] Frequency [bus/h]	Tempo di fermata del bus [s] Bus stop time [s]				
	10	20	30	40	60
15	1	1	1	1	1
30	1	1	1	1	2
45	1	1	2	2	2
60	1	1	2	2	3

Tabella 9 – Table 9

Schemi tipo di posizionamento ortogonale di una fermata

Typical orthogonal positioning patterns of a stop

Posizionamento Ortogonale Orthogonal positioning	Sosta vietata ai veicoli Parking prohibited for vehicles	Sosta consentita ai veicoli Parking allowed for vehicles
In carreggiata On the road	Lungo strada Kerbside	Molo Full-width boarder
Fuori Carreggiata Off the carriageway	Golfo Bus bay	–

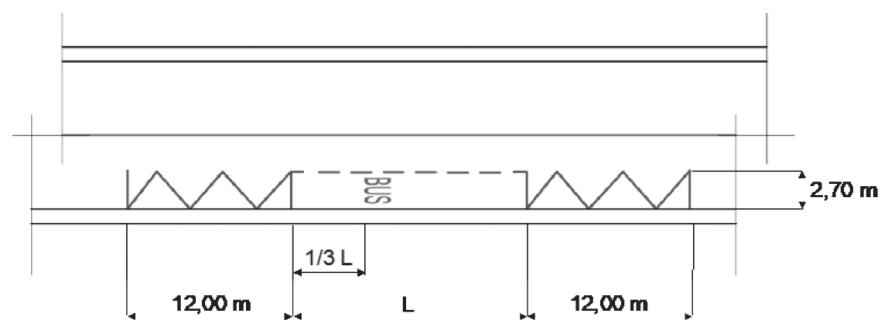


Figura 3 - Schema tipo di fermata lungo strada.

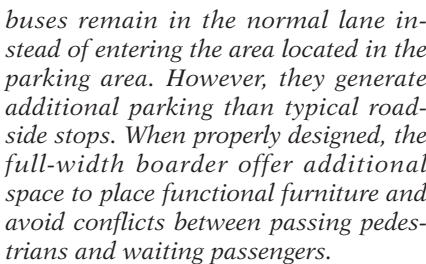
Figure 3 - Typical scheme of kerbside stop.

However, the length of the stop can vary especially near an intersection (Fig. 4).

Therefore, some configurations may be suggested to be adapted from Articles 151 and 352 of Presidential Decree 495/1992 ([4]), that allow application for all longitudinal positioning (e.g., [34]; [35], [36], [40], [41]).

The full-width boarder is an extension of the footpath that interrupts the longitudinal parking stalls on the road. The minimum dimensions are shown in Fig. 5, where the same definitions apply for L as for the stop along the road. Fig. 5 is self-explanatory. It should be noted that this configuration represents a traffic moderation element, in a single carriageway with two lanes with two-way traffic (e.g., [34]; [41]; [42]).

These stops operate similarly to those on the roadside:



In general, the use of full-width boarder should be prescribed in the RRs in those places characterised by: (i) low travel speeds and/or low volumes of traffic; (ii) frequent pedestrian activity and excessive crowding on the footpaths; (iii) need to reduce any pedestrian crossing.

The bus bay is a space specially created outside the carriageway and is therefore separated from the vehicle lanes. Compared to the previous schemes, the bus bay is better from the point of view of safety, because it allows vehicular traffic to flow freely without interruptions caused by stationary vehicles. The bus bay is introduced by the Art. 352 of Presidential Decree 495/1992 ([4]). In urban areas, where applicable, the minimum dimensions indicated in Fig. 6 be suggested. Without prejudice to the definition of L , A is the length of the entrance and exit junctions from the waiting area and is a function of the type of vehicle in transit and of the speed. For example, in the Varese RRs, $A = 15$ m or $A = 20$ m depending on whether the vehicle stopped is respectively less than or greater ([24]).

Figure 4 - Standard type of stop along the road near an intersection.

Tuttavia, generano parcheggi aggiuntivi rispetto alle tipiche fermate lungo strada. Se correttamente progettati, i moli offrono spazio aggiuntivo per collocare arredi funzionali ed evitano conflitti fra pedoni in transito e passeggeri in attesa.

In genere, nel RV dovrebbe essere prescritto l'uso dei moli in quei luoghi caratterizzati da: (i) basse velocità di percorrenza e/o bassi volumi di traffico; (ii) frequente attività pedonale ed affollamento eccessivo sui marciapiedi; (iii) necessità di ridurre l'eventuale attraversamento pedonale.

Il golfo di fermata è uno spazio appositamente realizzato all'esterno della carreggiata ed è quindi separato dalle corsie di marcia dei veicoli. Rispetto agli schemi precedenti, quello a golfo è migliore dal punto di vista della sicurezza, perché consente al traffico veicolare di poter fluire liberamente senza interruzioni causate dal mezzo fermo. Il golfo di fermata è previsto dall'art. 352 del DPR 495/1992 ([4]). In ambito urbano, laddove applicabile, possono essere suggerite le dimensioni minime riportate nella Fig. 6. Fatta salva la definizione di L , A è

maximum length of the vehicle stopped is respectively less than or equal to 12 m or greater ([24]).

In addition to specifying the minimum measurements and the mere availability of space, RRs should recommend the use of bus bay in the following conditions:

- *at the terminus (if physically applicable);*
- *vehicular flow within 250÷800 vehicles/h in the lane adjacent to the footpath¹⁴;*
- *transit frequency > 10 bus/h;*
- *passenger flow > 20÷40 boarded/h;*
- *bus stop time > 30 s;*
- *repeated accidents between vehicles and/or pedestrians at the stop;*
- *route characteristics (e.g., speed bumps, bends) prevent vehicles behind the bus stopping safely;*

¹⁴ Especially in an urban environment, the testimonies of numerous Italian CT operators advise against the use of full-width boarders when traffic volumes are > 800 vehicles/h/dir. In fact, in these cases, drivers use the full-width boarder very rarely, because heavy traffic makes it extremely difficult to re-enter the mainstream.

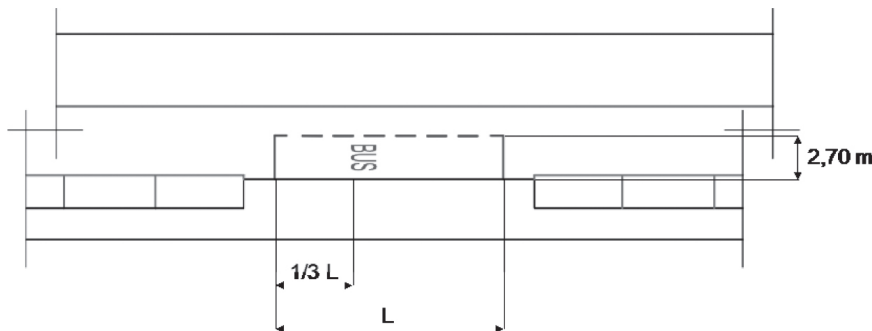


Figura 5 - Schema tipo di molo di fermata.
Figure 5 - Type of diagram for full-width boarder.

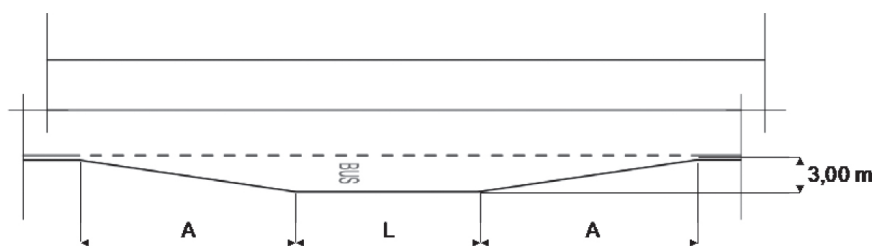


Figura 6 - Schema tipo di golfo di fermata in area urbana.
Figure 6 - Typical scheme of a bus bay in urban area.

la lunghezza dei raccordi di ingresso e di uscita dall'area di attesa ed è funzione del tipo di veicolo in transito e della velocità. Ad esempio, nel RV di Varese, $A = 15\text{m}$ o $A = 20\text{m}$ a seconda che la lunghezza massima del veicolo in fermata sia rispettivamente minore o uguale a 12m o superiore ([24]).

Oltre a specificare le misure minime e la mera disponibilità di spazio, i RV dovrebbero raccomandare l'uso di golfi di fermata nelle seguenti condizioni:

- al capolinea (se fisicamente applicabile);
- flusso veicolare entro $250\div 800$ vei/h nella corsia di marcia adiacente al marciapiede¹⁴;
- frequenza di passaggio > 10 bus/h;
- flusso dei passeggeri $> 20\div 40$ saliti/h;
- tempo di fermata del bus $> 30\text{s}$;
- incidenti ripetuti fra veicoli e/o pedoni in fermata;
- caratteristiche di tracciato (e.g., dossi, curve) impediscono un arresto sicuro dei veicoli dietro al bus;
- riqualificazione della sezione stradale.

¹⁴ Soprattutto in ambiente urbano, le testimonianze di numerosi gestori di TC italiani sconsigliano l'impiego di golfi di fermata quando i volumi di traffico sono > 800 vei/h/dir. Infatti, in questi casi, i conducenti usano il golfo molto raramente, perché il traffico sostenuto rende estremamente difficile la manovra di reinserimento nella corrente principale.

- redevelopment of the road section.

Generally, a bus bay should be placed after a traffic light intersection, so that the traffic light can generate gaps in traffic to facilitate entering the main traffic flow. Instead, a full-width boarder placed before the intersection should be avoided both due to conflicts with turning vehicles and because the bus could obstruct the visibility of the vertical signs. The mid-block solution can be convenient near accesses to business and/or school and/or shopping and/or health centres served by a large number of CT vehicles. Fully filled bus bay or partial build-out bus bay represent some alternatives to the conventional bus bay. Both can be suggested with a stop after the intersection (e.g., [34]; [35]; [36]; [40]; [41]).

Tab. 10 summarises the advantages and disadvantages related to orthogonal positioning of the stop, useful for identifying the best compromise solution for the chosen site, in addition to the urban areas recommended for the

location of these types of stops.

The vertical positioning identifies the "height" of the stop. The RRs should specify: (i) the longitudinal slope of the carriageway on which to make the stop; (ii) the height of the footpath at the stop; (iii) the positioning of the stop pole.

The longitudinal slope depends on considerations related to the orography of the site. Usually the maximum slope that can be overcome for a 12m bus is between $6\div 10\%$. However, it is good to suggest lower slopes. Additionally, especially in residential areas, the positioning of stops on an uphill slope should be avoided, since the noise of the vehicle, produced by the internal combustion engine when starting, could cause excessive acoustic discomfort both for passengers at stops and for residents in the surrounding area of the stop itself. Furthermore, the arrangement of the uphill stops should be avoided, if "winter" conditions prevail on the site (snow, ice, etc.).

For full and efficient operation in all conditions, the footpath should be between $0.15\text{m}\div 0.25\text{m}$ high¹⁵. The

¹⁵ It should be noted that Ministerial Decree 6792/2001 provides for a maximum height of 0.15m for the footpaths of type E and F roads. The previously proposed values, higher than this limit, however, are not to be considered in contrast with this requirement, because they relate only to the portion of the artefact located at the stop, which must be connected to the remaining development of the footpath by means of inclined ramps with adequate longitudinal slope, in any case not exceeding 6% . Additionally, UK guidelines recommend a maximum curb height of 0.14m to ensure adequate height difference between bus and curb. Furthermore, they suggest the use of "special curbs" at the stops, to obtain optimal vertical alignment and facilitate the approaching manoeuvre at the stop ([39]).

In genere, un golfo di fermata dovrebbe essere posizionato dopo un'intersezione semaforizzata, così che il semaforo possa generare dei *gap* nel traffico per favorire l'immissione nella corrente principale. Invece, dovrebbe essere evitato un posizionamento prima dell'intersezione sia a causa dei conflitti con i veicoli in svolta e sia perché il bus potrebbe ostruire la visibilità della segnaletica verticale. Un posizionamento del tipo tra intersezioni può essere conveniente nei pressi di accessi ai centri direzionali e/o scolastici e/o commerciali e/o sanitari serviti da un numero elevato di mezzi di TC. Alcune varianti del golfo

Swiss Guidelines proposed a particularly effective solution, which suggests the construction of a footpath with a special 0,22 m high edge. This solution, combined with the kneeling of the CT vehicles, allows access from the ground level. When the creation of the special edge is not possible, a footpath with a 0.16 m edge can be used as a fallback solution, which allows using a mobile ramp for wheelchairs, placed in position by the service personnel, with a slope not exceeding 18% ([34]).

If the footpath is too high, some types of buses would be forced to approach, negatively affecting the operation of

Tabella 10 – Table 10

Vantaggi e svantaggi per il posizionamento ortogonale delle fermate
Advantages and disadvantages for orthogonal positioning of the stops

Posizionamento Ortagonale <i>Orthogonal positioning</i>	Vantaggi <i>Advantages</i>	Svantaggi <i>Disadvantages</i>	Applicazione consigliata in ambito urbano <i>Recommended application in urban areas</i>
Lungo strada <i>Along the road</i>	- È apprezzata dai conducenti - Risulta di minimo ritardo al mezzo - È facile da progettare - Non è costosa da installare - È facile da riposizionare <i>It is popular with drivers</i> <i>It is of minimal delay to the vehicle</i> <i>It is easy to design</i> <i>It is not expensive to install</i> <i>It is easy to reposition</i>	- Può causare congestione dietro al bus - Può portare i conducenti di veicoli privati a sorpassare il bus fermo soprattutto su strade a una corsia per senso <i>It can cause congestion behind the bus</i> <i>It can lead to drivers of private vehicles overtaking the stopped bus especially on one-lane roads in each direction</i>	- Strade urbane di classe E - Strade urbane di classe F Interzonali (*) <i>E-class urban roads</i> <i>Interzonal F-class urban roads (*)</i>
Molo di fermata <i>Full-width boarder</i>	- È molto apprezzata dai conducenti - Limita il numero dei parcheggi da eliminare per creare la fermata - Riduce la distanza di attraversamento per i pedoni - Garantisce un'area aggiuntiva per la attesa - Risulta di minimo ritardo per il bus <i>It is popular with drivers</i> <i>It limits the number of parking spaces to be eliminated to create the stop</i> <i>It reduces the crossing distance for pedestrians</i> <i>It provides an additional waiting area</i> <i>It is of minimal delay for the bus</i>	- È più costosa da realizzare della precedente <i>It is more expensive to make than the previous one</i>	- Strade urbane di classe E - Strade urbane di classe F Interzonali (*) <i>E-class urban roads</i> <i>Interzonal F-class urban roads (*)</i>
Golfo di fermata <i>Bus bay</i>	- Consente ai passeggeri di salire e scendere al di fuori della corsia di marcia - Fornisce un'area protetta al di fuori della carreggiata per bus e passeggeri - Minimizza il ritardo per il traffico di attraversamento <i>It allows passengers to get on and off outside the lane</i> <i>It provides a protected area off the carriageway for buses and passengers</i> <i>It minimises the delay for crossing traffic</i>	- Può creare problematiche per la immissione del bus in corsia ordinaria - È costosa da installare confrontata alla tipologia precedente - È difficoltoso e costoso un suo riposizionamento <i>It can create problems for the entry of the bus in the ordinary lane</i> <i>It is expensive to install compared to the previous type</i> <i>Its repositioning is difficult and expensive</i>	- Strade urbane di classe D - Strade urbane di classe E <i>D-class urban roads</i> <i>E-class urban roads</i>

(*) In accordo con l'introduzione di classi funzionali intermedie nella sezione "Criteri generali di progettazione" in [1] e con i requisiti definiti da [3], riportati in Tab. 4, Tab. 5 e Tab. 6. Elaborata da [36] e [37].

(*) In accordance with the introduction of intermediate functional classes in the section "General design criteria" in [1] and with the requirements defined by [3], reported in Tab. 4, Tab. 5 and Tab. 6. Developed by [36] and [37].

di fermata sono rappresentate dal golfo aperto o parzialmente aperto. Entrambi possono essere suggeriti con fermata dopo l'intersezione (e.g., [34]; [35]; [36]; [40]; [41]).

La Tab. 10 sintetizza vantaggi e svantaggi legati al posizionamento ortogonale della fermata, utili ad individuare la soluzione di miglior compromesso per il sito prescelto, oltre agli ambiti urbani consigliati per la localizzazione di tali tipologie di fermate.

Il posizionamento verticale identifica la "quota" della fermata. Nel RV si dovrebbero specificare: (i) la pendenza longitudinale della carreggiata su cui realizzare la fermata; (ii) l'altezza del marciapiede in fermata; (iii) il posizionamento della palina di fermata.

La pendenza longitudinale dipende da considerazioni legate all'orografia del sito. Solitamente la pendenza massima superabile per un bus di 12m è compresa fra 6÷10%. Tuttavia, è bene suggerire pendenze inferiori. Inoltre, soprattutto in aree residenziali, si dovrebbe evitare il posizionamento delle fermate in salita, poiché il rumore del veicolo, prodotto dal motore endotermico in avvio, potrebbe provocare eccessivo discomfort acustico sia per i passeggeri in fermata sia per i residenti nell'area circostante la fermata stessa. Ancora, la disposizione delle fermate in salita dovrebbe essere evitata, se nel sito prevalgono condizioni "invernali" (neve, ghiaccio, etc.).

Per una piena ed efficiente operatività in tutte le condizioni, il marciapiede dovrebbe essere alto fra 0,15m÷0,25m¹⁵. Particolarmente efficace risulta essere la soluzione proposta dalle linee guida svizzere, che prevede la realizzazione di un marciapiede con un bordo speciale di altezza 0,22m, che, in combinazione con l'inclinazione laterale dei veicoli ("kneeling"), consente di ottenere l'accesso a livello ([34]). Quando la realizzazione del bordo speciale non è possibile, si può ricorrere, quale soluzione di ripiego, ad un marciapiede con bordo da 0,16m, che consente l'utilizzo di una rampa mobile per le sedie a ruote, messa in posizione da parte del personale di servizio, avente una pendenza comunque non superiore al 18% ([34]).

Se il marciapiede fosse troppo alto, alcuni tipi di bus sarebbero costretti ad avvicinarsi inficiando negativamente

the platform. If the footpath is too low (or absent), VRU may have difficulty getting on or off the vehicle. Furthermore, in the full-width boarder stops, the height of the full-width boarder must be linked to that of the footpath and the vehicle.

The stop sign (pole) should be placed adjacent to the side mirror of the vehicle, within a strip specifically identified and forbidden to the transit of pedestrians, to avoid possible dangerous situations. Furthermore, as shown in Fig. 7, this sign should be positioned at least 2.20 m above the footpath and at least 0.50 m÷0.80 m¹⁶ from the edge to avoid colliding with the bus mirror (e.g., [34], [35]). Trees, buildings or other signs should not hide the stop sign. Moreover, there should be no obstacles at the stop (e.g., shelter posts, benches, baskets, poles) that could compromise the use of the bus doors ([34]).

Finally, Art. 136 of Presidential Decree 495/1992 identifies the signal for the bus stop of the suburban public transport services and prescribes that the same signal can also be used in an urban environment ([4]). However, since many CT operators use their own signals to identify the stop point, it is preferred not to recommend the same signal referred to in Art. 136 above in urban areas. Instead, according to the same article, in RRs it should be recommended that the bus stop signal includes at least the following minimum elements: (i) the indication of the lines in transit; (ii) the destination and (iii) the timetables and/or frequencies of such services.

The positioning of the stop must always be such as to ensure adequate visibility for all road users, when the bus is stopped to allow passengers to board/alight (e.g., [34]; [41]). In particular, in urban areas, stops located near intersections are particularly important. (Fig. 8). Therefore, it must be verified that the stopped bus does not obstruct the minimum view, in order to guarantee safety of the manoeuvres of the vehicles approaching the intersection itself (e.g., [34]). If the visibility distances are not respected, one or more of the following measures must be adopted: adaptation (decrease) of the speed limits, displacement of the stop, and construction of the bus bay, if practicable.

3.3.1.2. Characteristics of CT vehicles

In the analysis of the elements of a stopping area it is important to define a reference vehicle that usually has the characteristics and dimensions of those that will be operating. The 12 m buses and 18 m articulated buses are the most used by Italian CT companies. Buses must be considered when dimensioning lane and platform widths, vertical and lateral spaces, dimensions and minimum turning radii. Furthermore, the encumbrance of these vehicles must be taken into account, especially at stops near intersections. In

¹⁵ È opportuno segnalare che il DM 6792/2001 prevede, per i marciapiedi delle strade di tipo E ed F, un'altezza massima pari a 0,15m. I valori precedentemente proposti, superiore a questo limite, non sono tuttavia da ritenersi in contrasto con tale prescrizione, perché relativi alla sola porzione di manufatto collocato in corrispondenza della fermata, che dovrà essere raccordato al restante sviluppo del marciapiede mediante rampe inclinate di adeguata pendenza longitudinale, comunque non superiore al 6%. Inoltre, le linee guida inglesi raccomandano un'altezza massima del marciapiede di 0,14m per garantire adeguato dislivello tra bus e marciapiede. Inoltre, suggeriscono l'utilizzo di "cordoli speciali" in corrispondenza delle fermate, per ottenere un allineamento verticale ottimale e facilitare la manovra di accostamento alla fermata ([39]).

¹⁶ In future works, a free space may be studied according to the pedestrian service level allowed for the stop.

mente il funzionamento della pedana. Se il marciapiede fosse troppo basso (o assente), le utenze deboli potrebbero avere difficoltà nel salire o scendere dal mezzo. Inoltre, nelle fermate a molo, l'altezza del molo va raccordata a quella del marciapiede e del veicolo.

Il segnale di fermata (palina) dovrebbe essere collocato adiacente allo specchietto laterale del veicolo, all'interno di una fascia appositamente individuata ed interdetta al transito dei pedoni, per evitare possibili situazioni di pericolo. Inoltre, come mostrato in Fig. 7, tale segnale dovrebbe esser posizionato ad almeno 2,20m al di sopra del marciapiede e distare almeno 0,50m÷0,80m¹⁶ dal ciglio per evitare l'urto con lo specchietto del bus (e.g., [34], [36]). Il segnale di fermata non dovrebbe essere nascosto da alberi, costruzioni o da altri cartelli. Inoltre, in fermata non dovrebbero essere presenti ostacoli (e.g., montanti della pensilina, panchine, cestini, pali) che possono compromettere l'uso delle porte del bus ([34]).

Infine, l'art. 136 del DPR 495/1992 individua il segnale per il punto fermata degli autoservizi del trasporto pubblico extraurbano e prescrive che lo stesso segnale possa esser usato anche in ambiente urbano ([4]). Tuttavia, poiché molti gestori di TC utilizzano segnali propri per identificare il punto fermata, si preferisce non raccomandare lo stesso segnale di cui al precedente art. 136 in ambito urbano. Invece, in accordo con lo stesso articolo, nei RV dovrebbe essere raccomandato che il segnale di fermata bus includa almeno i seguenti elementi minimi: (i) la indicazione delle linee in transito; (ii) la destinazione e (iii) gli orari e/o le frequenze di tali servizi.

Il posizionamento della fermata deve essere sempre tale da garantire un'adeguata visibilità a tutti gli utenti della strada, quando il bus è fermo per consentire le operazioni di salita/discesa dei passeggeri (e.g., [34]; [41]). In particolare, in ambito urbano rivestono particolare attenzione le fermate ubicate nei pressi delle intersezioni (Fig. 8). Pertanto, sarà necessario verificare che il bus fermo non ostacoli la visuale minima, al fine di garantire la sicurezza delle manovre dei veicoli che si apprestano all'intersezione stessa (e.g., [34]). Qualora le distanze di visibilità non fossero rispettate, si dovranno adottare uno o più dei seguenti provvedimenti: adeguamento (diminuzione) dei limiti di velocità, spostamento della fermata, realizzazione del golfo di fermata, se praticabile.

3.3.1.2. Caratteristiche dei veicoli di TC

Nella analisi degli elementi di un'area di fermata è importante definire un veicolo di riferimento che solitamente possiede le caratteristiche e le dimensioni di quelli che opereranno in esercizio. I bus da 12m e quelli articolati da 18m sono quelli maggiormente utilizzati dalle aziende di

this regard, Art. 61 of Legislative Decree 285/1992 prescribes that each vehicle "must be able inscribe in a circular crown (encumbrance band) with an external radius of 12.50 m and an internal radius of 5.30 m" ([2]). Two typical configurations are shown in Figs. 9 and 10, respectively.

In the event that bicycles are allowed on board the vehicle (on special racks installed at the front and/or the rear-end of the bus), an increase in space requirement of 0.90 m÷1.00 m must be considered.

Low-floor buses are almost always equipped to accommodate passengers with disabilities. In fact, they have a platform that can slide automatically from under the loading platform or can manually rotate 180° with respect to the side of the bus and extend on the footpath for about 0.60 m÷0.90 m. Furthermore, these buses can be adjusted so that the internal height is approximately 0.15 m÷0.25 m with respect to the road level¹⁷. These standards should be recalled in the RRs.

3.3.1.3. Layout of the road section near the stop

In addition to the positioning and characteristics of the vehicles in transit, when stopped, particular attention must be paid to other essential elements to be specified in the RRs, with reference to the pavement of the carriageway, the presence of intersections, the presence of driveways, the presence of cycle paths and pedestrian crossings.

The flooring should have sufficient strength to withstand repeated bus loads of up to 12 t per axle. Stops are critical areas for pavements, especially in urban areas, since the stresses transmitted by particularly heavy vehicles and in a combined transit regime, deceleration, parking and acceleration can be excessive, leading to "rutting" phenomena (e.g., [34]; [36]; [41]). A particularly deteriorated stop could induce drivers to stop the vehicle a little far from it, making boarding and alighting more critical. Furthermore, the formation of ruts must be counteracted both because they can cause contact between the pavement and the bodywork with the risk of damage, and because any stagnant water would splash on the waiting passengers ([34]). For further information, please refer to [8] e [43].

Often stops are located near the intersections with all the technical aspects to be analysed according to Ministerial Decree (2006) ([11]). However, particular attention must be paid to the radius of curvature of the footpath kerb and to the type of adjustment of the intersection (traffic light or not). Although there is a greater exposure to risk for pedestrians who are about to cross the road, the main advantage of a correct design of the curvature radii of footpaths concerns the reduction of the number of bus/car conflicts in the most frequently used intersections: turns occur at higher speeds without invading the opposite lane(s). The RRs should specify that when designing the kerb curvature radius, the following must be taken into account, among other things:

- *the characteristics of the longest vehicle crossing the intersection;*

¹⁶ In lavori futuri potrà esser studiato uno spazio libero in funzione del livello di servizio pedonale ammesso per la fermata.

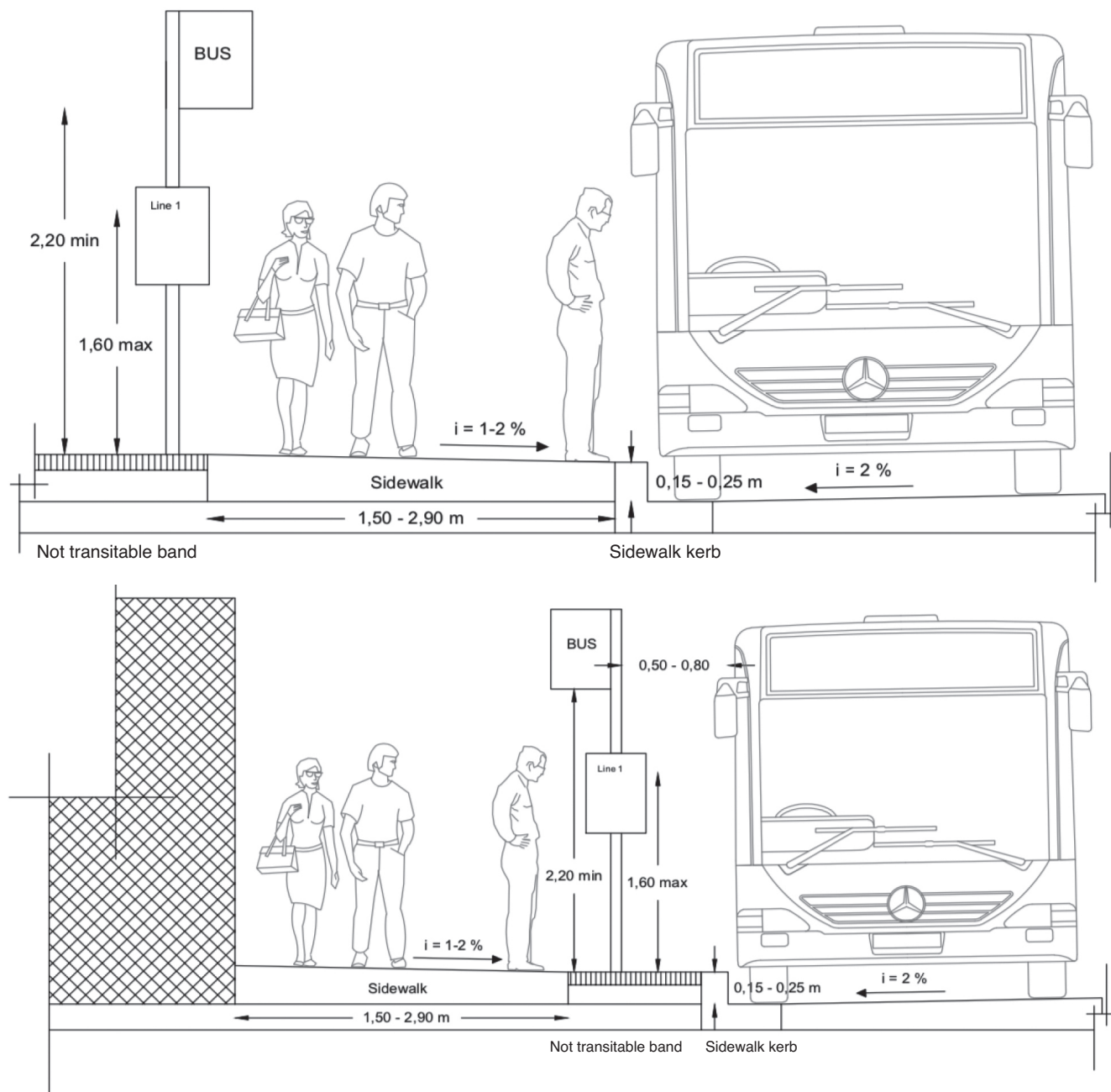


Figura 7 - Schema tipo posizionamento verticale¹⁷. Elaborata da [34] e [36].

Figure 7 - Vertical positioning type layout¹⁷. Developed by [34] and [36].

¹⁷ L'art. 81 del DPR 495/1992 prescrive l'installazione dei segnali verticali ([4]). Sebbene non si faccia specifica menzione al segnale di fermata, si possono suggerire le seguenti prescrizioni. Il sostegno verticale della palina di fermata dovrebbe essere collocato ad almeno 0,60m dal ciglio del marciapiede o dal bordo esterno della banchina. Il bordo verticale interno del segnale di fermata dovrebbe essere ricompreso fra 0,30 m÷1,00 m dal ciglio del marciapiede o dal bordo esterno della banchina. Il segnale di fermata dovrebbe avere una altezza ricompresa fra 0,60 m÷2,20 m. Se il segnale di fermata insiste sul marciapiede o comunque su percorso pedonale, deve avere una altezza minima di 2,20 m. Nel caso di marciapiedi di larghezza tra 1,50 m÷2,00 m, è consigliabile collocare il segnale verticale di fermata in adiacenza alla proprietà privata.

¹⁷ Art. 81 of Presidential Decree 495/1992 prescribes the installation of vertical signs ([4]). Although no specific mention is made of the stop sign, the following indications can be suggested. The vertical support of the stop pole should be placed at least 0.60 m from the curb or from edge of the platform. The internal vertical edge of the stop sign should be between 0.30 m÷1.00 m from the edge of the footpath or from the outer edge of the platform. The stop sign should have a height between 0.60 m÷2.20 m. If the stop sign remains on the footpath or in any case on a pedestrian path, it must have a minimum height of 2.20 m. In the case of footpaths with a width between 1.50 m÷2.00 m, it is advisable to place the vertical stop sign adjacent to private property.

TC italiane. I bus devono essere considerati quando si dimensionano larghezze delle corsie e delle banchine, spazi verticali e laterali, dimensioni e raggi minimi di svolta. Inoltre, si deve tener conto dell'ingombro di questi veicoli soprattutto nelle fermate in prossimità delle intersezioni. A tale proposito, l'art. 61 del DL 285/1992 prescrive che ogni veicolo "deve potersi inscrivere in una corona circolare (fascia d'ingombro) di raggio esterno 12,50m e raggio interno 5,30m" ([2]). Due configurazioni tipo sono riportate, rispettivamente, nelle Figg. 9 e 10.

Nel caso in cui sia consentito portare le proprie biciclette a bordo del mezzo (su apposite rastrelliere in testa e/o in coda al bus) è da considerare un incremento di ingombro di 0,90m÷1,00m.

I bus a pianale ribassato sono attrezzati, quasi sempre, per incarrozzare passeggeri diversamente abili. Infatti, possiedono una pedana che può scorrere automaticamente da sotto il pianale oppure può ruotare manualmente di 180° rispetto al fianco del bus ed estendersi sul marciapiede per circa 0,60m÷0,90m. Inoltre, tali bus possono essere regolati in modo che l'altezza interna sia di circa 0,15m÷0,25m rispetto al piano stradale. Questi standard dovrebbero essere richiamati nei RV.

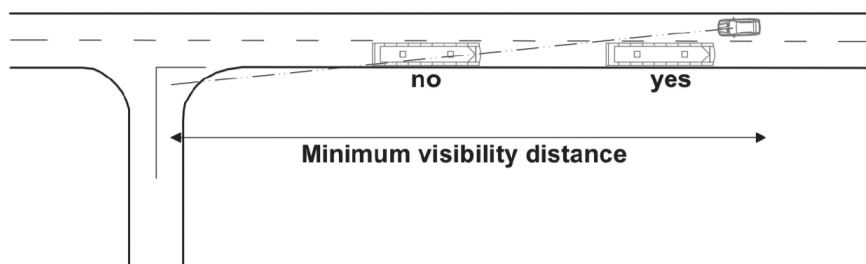


Figura 8 - Schema concettuale di visibilità nei pressi di un'intersezione. Elaborata da [34].

Figure 8 - Conceptual scheme of the visibility distance near an intersection. Drafted by [34].

- the width and number of lanes near the intersection;
- the possibility for the bus to occupy the other lanes;
- the presence of parking along the road;
- the travel speed;
- the pedestrian flow.

Tab. 11 shows the dimensions of the kerb-side turning radii for bus operations used in relation to the width of the carriageway entering and exiting the intersection¹⁸.

¹⁸ By hypothesis, a very slight lane invasion is assumed by the bus in the opposite traffic lanes during the turning manoeuvre.

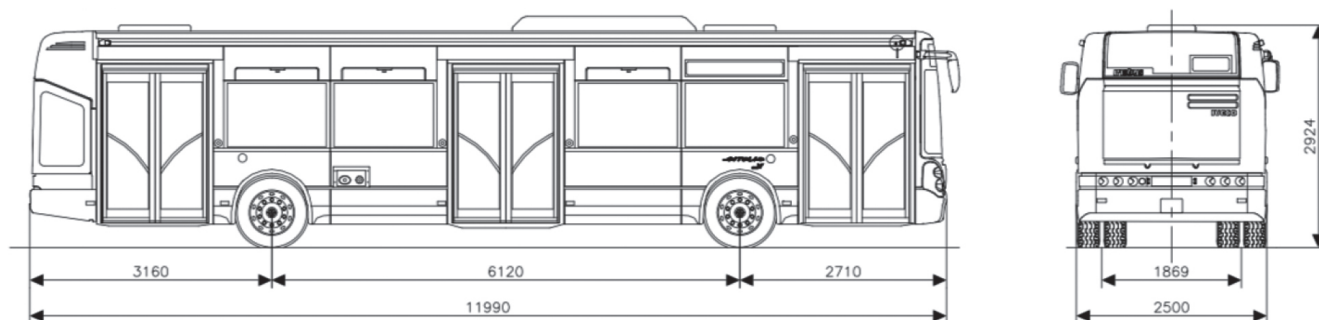


Figura 9 - Schema tipo di bus urbano da 12 m di lunghezza, a 2 assi e caratteristiche tecniche (IRISBUS CITELIS 12.29 DIESEL EEV).

Figure 9 - Typical scheme of 12 m long 2-axle urban bus and technical characteristics (IRISBUS CITELIS 12.29 DIESEL EEV).

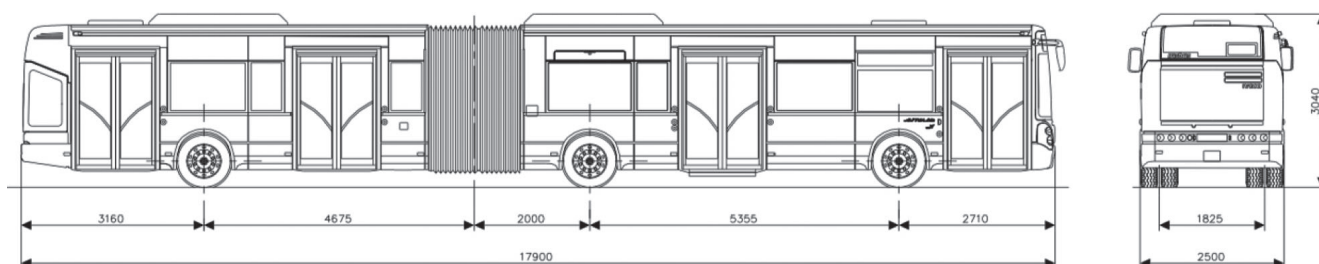


Figura 10 - Schema tipo di bus urbano da 18 m, autosnodato a 3 assi (IRISBUS CITELIS 18MT DIESEL).

Figure 10 - Typical diagram of an 18 m urban bus, articulated with 3 axles (IRISBUS CITELIS 18M DIESEL).

3.3.1.3. Layout della sezione stradale nei pressi della fermata

Oltre al posizionamento ed alle caratteristiche dei veicoli in transito, in fermata occorre particolare attenzione ad altri elementi essenziali da specificare nel RV, in riferimento alla pavimentazione della carreggiata, alla presenza di intersezioni, alla presenza di accessi carrabili, alla presenza di piste ciclabili ed agli attraversamenti pedonali.

La pavimentazione dovrebbe possedere una sufficiente resistenza per sopportare i carichi ripetuti del bus fino ad un massimo di 12 t per asse. Le fermate sono zone critiche per le pavimentazioni, soprattutto in ambito urbano, poiché le sollecitazioni trasmesse da mezzi particolarmente pesanti ed in regime combinato di transito, decelerazione, stazionamento ed accelerazione possono risultare eccessive, portando a fenomeni di “ormaiamento” (e.g., [34]; [36]; [41]). Una fermata particolarmente ammalorata potrebbe indurre i conducenti ad arrestare il veicolo un po’ distante da essa rendendo più critiche le operazioni di salita e discesa. Inoltre, è necessario contrastare la formazione di ormaie sia poiché possono provocare il contatto tra il marciapiede e la carrozzeria con rischio di danni, sia perché l’eventuale acqua stagnante verrebbe schizzata sui passeggeri in attesa ([34]). Per ulteriori approfondimenti si rimanda a [8] e [43].

Spesso le fermate sono localizzate nei pressi delle intersezioni con tutti gli aspetti tecnici da analizzare secondo il DM (2006) ([11]). Comunque, va posta particolare cura al raggio di curvatura del ciglio del marciapiede ed al tipo di regolazione della intersezione (semaforica o meno). Sebbene vi sia una maggiore esposizione al rischio per i pedoni che si accingono ad attraversare la strada, il principale vantaggio di una corretta progettazione dei raggi di curvatura dei cigli dei marciapiedi riguarda la riduzione del numero dei conflitti bus/auto nelle intersezioni maggiormente utilizzate: le svolte avvengono a velocità maggiori senza invadere la/corsia/e opposte. Il RV dovrebbe specificare che nel progetto dei raggi di curvatura del ciglio del marciapiede occorre tenere conto tra l’altro:

- delle caratteristiche del veicolo più lungo che attraversa l’intersezione;
- della larghezza e del numero delle corsie nei pressi dell’intersezione;
- della possibilità, per il bus, di invadere le altre corsie;
- della presenza di parcheggi lungo strada;
- della velocità di percorrenza;
- del flusso pedonale.

La Tab. 11 riporta le dimensioni dei raggi di svolta del ciglio del marciapiede per l’operatività di bus impiegati in relazione alla larghezza della carreggiata in ingresso ed in uscita alla/dalla intersezione¹⁸.

¹⁸ Per ipotesi, si assume una leggerissima invasione di corsia da parte del bus nelle corsie di traffico opposte durante la manovra di svolta.

In the case of traffic light regulation near the stop, the RRs should specify that the intersection project should be drawn up according to BU 150/1992 ([7]), Ministerial Decree (2006) ([11]) and respond to the needs of passengers and buses. In particular:

- *the stop should be positioned so that buses do not obstruct the visibility of traffic lights to other categories of vehicles;*
- *all passengers when they get off the bus become pedestrians. Therefore, it is important to provide for a pedestrian crossing with traffic lights and the use of call buttons in the presence of traffic light systems;*
- *the stops located before the intersection can be located between the traffic detectors to “control” the traffic light system, and the pedestrian crossings, guaranteeing priority to the bus (e.g., [31]; [44]).*

Furthermore, for CT vehicles the provisions of Art. 151 of Presidential Decree 495/1992 regarding the characteristics of traffic lights should be observed ([4]).

The location of the stop must also be studied in the presence of accesses to private roads. The objective is to ensure at least free access for the entry and exit of vehicles in situations where the bus is stopped for passenger handling operations. Therefore, RRs should specify to place the stop so as to:

- *ensure good visibility for vehicles leaving the private area and minimise conflicts between vehicles and pedestrians, locating the stop at an adequate distance from the entrance to the private area;*
- *ensure that passengers do not have to wait for a bus in the middle of a private road;*
- *ensure that passengers get on or off the vehicle directly on the footpath curb rather than on the private road.*

Fig. 11 shows two conceptual diagrams of a stop positioned near a driveway. In diagram (1) the positioning is favourable, in diagram (2) it is not.

In order to promote cycling, it is good to prescribe standards in the RRs in this sense with reference to CT (e.g. [34], [35], [41]). The 1999 regulations define the technical characteristics of cycle paths (MD 557/1999 [10]). In some cities, bicycles are already allowed to ride on preferential lanes that have a suitable width. Furthermore, it is good to recommend that the cycle path is not interrupted by impassable elements in correspondence with the lane (and/or stop). To ensure this continuity and thus avoid conflicts between different users, two very frequent solutions are usually used:

- *lane (and/or stop) next to the cycle path, so pedestrians cross the cycle path to board/alight the bus and have priority over cyclists. This scheme is also foreseen e.g., in the RRs of Como, Latina, Bologna, Reggio Emilia, Ravenna, Brescia and Cremona ([12]; [16]; [17]; [18]; [20]; [21]; [26]).*

Nel caso di regolazione semaforica nei pressi della fermata, il RV dovrebbe specificare che il progetto dell'intersezione andrebbe redatto secondo il BU 150/1992 ([7]), il DM (2006) ([11]) nonché rispondere alle esigenze dei passeggeri e dei bus. In particolare:

- la fermata dovrebbe essere posizionata in modo che i bus non ostruiscano la visibilità dei semafori alle altre categorie di veicoli;
- tutti i passeggeri quando scendono dal bus diventano pedoni. Pertanto, è importante prevedere un attraversamento pedonale semaforizzato e l'uso di pulsantiere di chiamata in presenza di impianti semaforici attuati dal traffico;
- le fermate ubicate prima dell'intersezione possono essere localizzate

Tabella 11 – Table 11

Dimensioni raggi di svolta del ciglio del marciapiede da raccomandare nel RV
Curb edge turn radius dimensions to recommend in the RRs

Larghezza in ingresso [m] <i>Entry width [m]</i>	Larghezza in uscita [m] <i>Exit width [m]</i>	Raggio [m] <i>Radius [m]</i>
3,50 (1 corsia) <i>3.50 (1 lane)</i>	3,50	15,65
	4,50	14,40
	5,50	13,15
4,50 (1 corsia + 1,00 m di banchina) <i>4.50 (1 lane + 1.00 m of platform)</i>	3,50	14,40
	4,50	13,15
	5,50	11,90
5,50 (1 corsia + 2,00 m di sosta longitudinale) <i>5.50 (1 lane + 2.00 m longitudinal parking)</i>	3,50	13,15
	4,50	11,90
	5,50	10,65
Elaborata da [36] e adattata alla vigente normativa italiana. <i>Drafted by [36] and adapted to current Italian legislation.</i>		

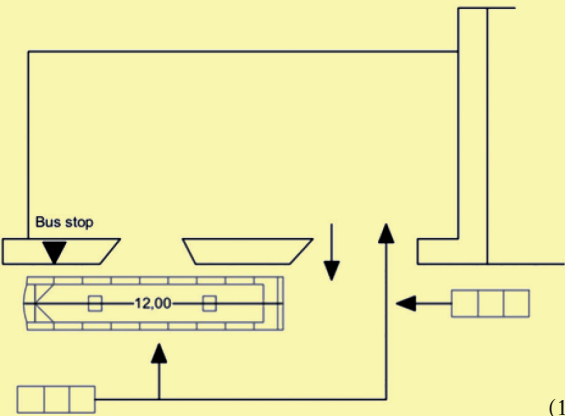
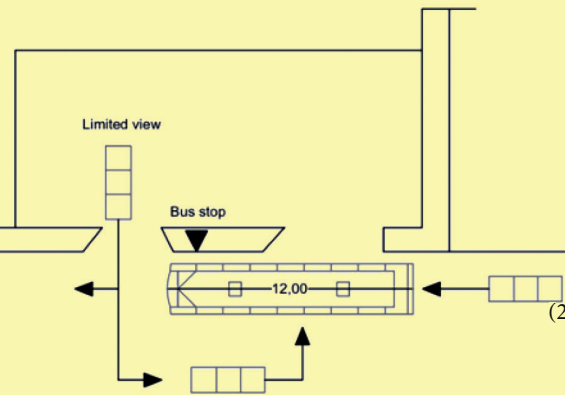
Schema <i>Scheme</i>	Descrizione <i>Description</i>
 (1)	L'area presenta due ingressi dei quali uno è totalmente ostruito da un bus fermo, mentre l'altro consente l'ingresso e/o l'uscita dei mezzi dall'area. <i>The area has two entrances, one of which is totally obstructed by a stationary bus, while the other allows vehicles to enter and/or exit the area.</i>
 (2)	Nonostante i due ingressi, un accesso è totalmente ostruito, nell'altro, il bus fermo limita fortemente la visibilità del veicolo in uscita. <i>Despite the two entrances, one access is totally obstructed, in the other, the stationary bus severely limits the visibility of the vehicle exiting.</i>

Figura 11 - Schemi concettuali di posizionamento tipo delle fermate in prossimità di accessi. Elaborata da [36] e adattata al caso italiano.

Figure 11 - Conceptual diagrams of typical positioning of stops near access points. Developed by [36] and adapted to the Italian case.

fra i rilevatori di traffico per “comandare” l’impianto semaforico, e gli attraversamenti pedonali, garantendo priorità al bus (e.g., [31]; [44]).

Inoltre, per i veicoli di TC si dovrebbe rispettare quanto previsto dall’art. 151 del DPR 495/1992 in merito alle caratteristiche delle lanterne semaforiche ([4]).

La collocazione della fermata va studiata anche in presenza di accessi a strade private. L’obiettivo è garantire almeno un accesso libero per l’ingresso e per l’uscita dei veicoli nelle situazioni in cui il bus è fermo per le operazioni di movimentazione dei passeggeri. Pertanto, i RV dovrebbero specificare di posizionare la fermata in modo da:

- garantire una buona visibilità per i veicoli che escono dall’area privata e minimizzare i conflitti fra veicoli e pedoni, localizzando la fermata ad un’adeguata distanza dall’ingresso dell’area privata;
- garantire che i passeggeri non debbano essere costretti ad aspettare un bus nel mezzo di una strada privata;
- garantire che i passeggeri salgano o scendano sul/dal mezzo direttamente sul ciglio del marciapiede più che sulla strada privata.

Nella Fig. 11, sono riportati due schemi concettuali di una fermata posizionata nei pressi di un accesso carrabile. Nello schema (1) il posizionamento è favorevole, in quello (2) no.

Al fine di favorire la mobilità ciclabile, è bene prescrivere nel RV degli standard in tal senso con riferimento al TC (e.g. [34], [35], [41]). Le norme del 1999 definiscono le caratteristiche tecniche delle piste ciclabili (DM 557/1999 [10]). In alcune città già si autorizza la marcia delle biciclette sulle corsie preferenziali che hanno una larghezza idonea. Inoltre, è bene raccomandare che la pista ciclabile non sia interrotta da elementi invalicabili in corrispondenza della corsia (e/o fermata). Per garantire questa continuità ed evitare quindi conflitti fra i diversi utenti, si ricorre solitamente a due soluzioni molto frequenti:

- corsia (e/o fermata) affiancata alla pista ciclabile, per cui i pedoni attraversano la pista ciclabile per salire/scendere dal bus ed hanno la precedenza rispetto ai ciclisti. Questo schema è anche previsto e.g., nei RV di Como, Latina, Bologna, Reggio Emilia, Ravenna, Brescia e Cremona ([12]; [16]; [17]; [18]; [20]; [21]; [26]).
- corsia (e/o fermata) separata dalla pista mediante un’isola pedonale (soluzione molto diffusa all’estero, e.g., Copenhagen), per cui i passeggeri attraversano la pista ciclabile (che è dietro alla fermata) per raggiungere l’isola ed attendere l’arrivo del bus. Ulteriori layout sono riportati nel *National Cycle Manual* al quale si rimanda per ulteriori approfondimenti e dettagli tecnici ([45]).

In Figura 12, sono riportate alcune esemplificazioni di integrazione fra pista ciclabile e TC. Tre sono idonee (A, B e C), una no (D).

Infine, per quanto riguarda l’attraversamento pedona-

- lane (and/or stop) separated from the track by a pedestrian area (very common solution abroad, e.g., Copenhagen), so passengers cross the cycle path (which is behind the stop) to reach the island and wait the arrival of the bus. Further layouts are reported in the *National Cycle Manual* to which reference should be made for further information and technical details ([45]).

Fig. 12 shows some examples of integration between cycle path and CT. Three are suitable (A, B and C), one is not (D).

Finally, with regard to pedestrian crossing, the type that allows crossing at the end of the bus should be indicated in the RRs. The crossing must be accessible to everyone (e.g., wheelchairs, strollers, walkers), clearly visible and be able to guarantee continuity to the cycle-pedestrian paths to access the stop. Therefore, raised crossings can be specified. In addition, especially on traffic-oriented roads, an island can be set up for crossing in two stages, to ensure greater safety for pedestrians and prevent the bus from being overtaken by other vehicles (e.g. [40]). However, this elevation must not interfere with the bus approaching manoeuvre to the footpath, since the CT vehicle must take advantage of the difference in height between the footpath and the road pavement to facilitate boarding/alighting of passengers. Therefore, in accordance with [34] and [40], the stop pole must be at a distance equal to the entire length of the longest vehicle making the stop and the ramp of the raised crossing must have a slope not exceeding 4%. The length of the pedestrian crossing, excluding the two ramps, must be greater than the wheelbase of the longest vehicle expected at a stop and not less than 6.00 m, so that for a few moments the front and rear axles are at the same height.

3.3.2. Kerbside factors

Kerbside factors affect passenger accessibility, comfort and safety ([32]; [46]; [47]). They concern pedestrian accessibility to the stop with particular reference to VRU, the arrangement of the waiting area, the functional furnishings of the waiting area and lighting.

3.3.2.1. Pedestrian accessibility

In accordance with [46], accessibility concerns all those aspects associated with the need to ensure, for anyone, complete use of CT stops. It is not uncommon to evaluate the accessibility of a stop in terms of the level of ease with which it can be reached by users, through criteria based on its location and on the length of the routes that lead to it, which should be as short as possible. As prescribed by Presidential Decree 503/96, projects relating to public spaces and urbanisation works mainly for pedestrian use must include at least one accessible path, capable of allowing the use of services, social relations and environmental enjoyment also to people with reduced or impaired motor or sensory ability ([9]). Therefore, in the specifications to be included in the RRs, the design must be oriented towards complete accessibility solutions along the entire route from



A - Pista ciclabile fianco fermata - Semi golfo
(Fonte: <http://www.ingdemurtas.it/bici/ciclabile-fermata-bus/>)
A - Cycle path next to the stop - Semi-full-width boarder
(Source: <http://www.ingdemurtas.it/bici/ciclabile-fermata-bus/>)



B - Pista ciclabile fianco fermata - Lungo strada
(Fonte: <https://www.donkey.bike/the-bike-and-the-bus/>)
B - Cycle path alongside the stop - Along the road
(Source: <https://www.donkey.bike/the-bike-and-the-bus/>)



C - Pista ciclabile separata con isola pedonale - Lungo strada
(Fonte: <https://www.citylab.com/>)
C - Separate cycle path with pedestrian area - Along the road
(Source: <https://www.citylab.com/>)



D - Pista ciclabile interrotta in fermata (non idoneo) - Molo
(Fonte: <http://www.ingdemurtas.it/bici/ciclabile-fermata-bus/>)
D - Cycle path interrupted at stop (not suitable) - Full-width boarder
(Source: <http://www.ingdemurtas.it/bici/ciclabile-fermata-bus/>)

Figura 12 - Esempi di layout pista ciclabile e fermata bus.
Figure 12 - Examples of cycle path and bus stop layout.

le, nel RV dovrebbe essere indicata la tipologia che permette un attraversamento in coda al bus. L'attraversamento deve essere accessibile a tutti (e.g., sedia a ruote, passeggini, deambulatori), ben visibile e poter garantire continuità ai percorsi ciclo-pedonali per accedere alla fermata. Pertanto, è possibile specificare attraversamenti rialzati. Inoltre, soprattutto su strade orientate al traffico, può essere predisposta un'isola per l'attraversamento in due tempi, per garantire maggiore sicurezza ai pedoni ed

the origin to the destination in terms of absence of obstacles, characteristics of pedestrian surfaces and signs.

The presence of curved, discontinuous paths, with a high number of intersections with vehicular traffic and with unsuitable geometry (width, slope) and pavement, can not only increase the access time to the stop, but also decrease the level of safety and quality of the route (Fig. 13).

Again, passengers waiting to board the bus (and/or unboard the bus) should not interfere with pedestrians pass-

impedire il sorpasso del bus da parte di altri veicoli (e.g., [40]). È necessario, però, che tale sopraelevazione non interferisca con la manovra di avvicinamento del bus al marciapiede, poiché il veicolo di TC, per facilitare la salita/discesa dei passeggeri deve sfruttare il dislivello di quota tra il marciapiede e la pavimentazione stradale. Pertanto, in accordo con [34] e [40], la palina di fermata deve essere ad una distanza pari alla intera lunghezza del veicolo più lungo che effettua la fermata e la rampa dell'attraversamento rialzato deve avere una pendenza non superiore al 4%. La lunghezza dell'attraversamento pedonale, escludendo le due rampe, dovrà essere maggiore del passo del veicolo più lungo atteso in fermata e non inferiore a 6,00m, in modo che per qualche istante l'asse anteriore e quello posteriore siano alla stessa quota.

3.3.2. Fattori lato marciapiede

I fattori lato marciapiede interessano l'accessibilità, il comfort e la sicurezza dei passeggeri ([32]; [46]; [47]). Essi riguardano l'accessibilità pedonale alla fermata con particolare riferimento alle utenze deboli, la sistemazione della area di attesa, gli arredi funzionali dell'area di attesa e l'illuminazione.

3.3.2.1. Accessibilità pedonale

In accordo con [46], l'accessibilità riguarda tutti quegli aspetti associati all'esigenza di assicurare, a chiunque, una completa fruizione delle fermate di TC. Non è raro valutare l'accessibilità di una fermata in termini di livello di facilità con il quale la stessa può essere raggiunta dall'utenza, attraverso criteri basati sulla sua localizzazione e sulla lunghezza dei percorsi che conducono ad essa, i quali dovrebbero essere i più corti possibili. Come prescritto dal DPR 503/96, i progetti relativi agli spazi pubblici e alle opere di urbanizzazione a prevalente fruizione pedonale devono prevedere almeno un percorso accessibile, in grado di consentire l'uso dei servizi, le relazioni sociali e la fruizione ambientale anche alle persone con ridotta o impedita capacità motoria o sensoriale ([9]). Pertanto, nelle specifiche da inserire nel RV occorre orientare la progettazione verso soluzioni di completa accessibilità lungo tutto il percorso dal punto di origine alla destinazione in termini di assenza di ostacoli, caratteristiche delle superfici pedonali e segnaletica.

La presenza di percorsi curvilinei, discontinui, con un

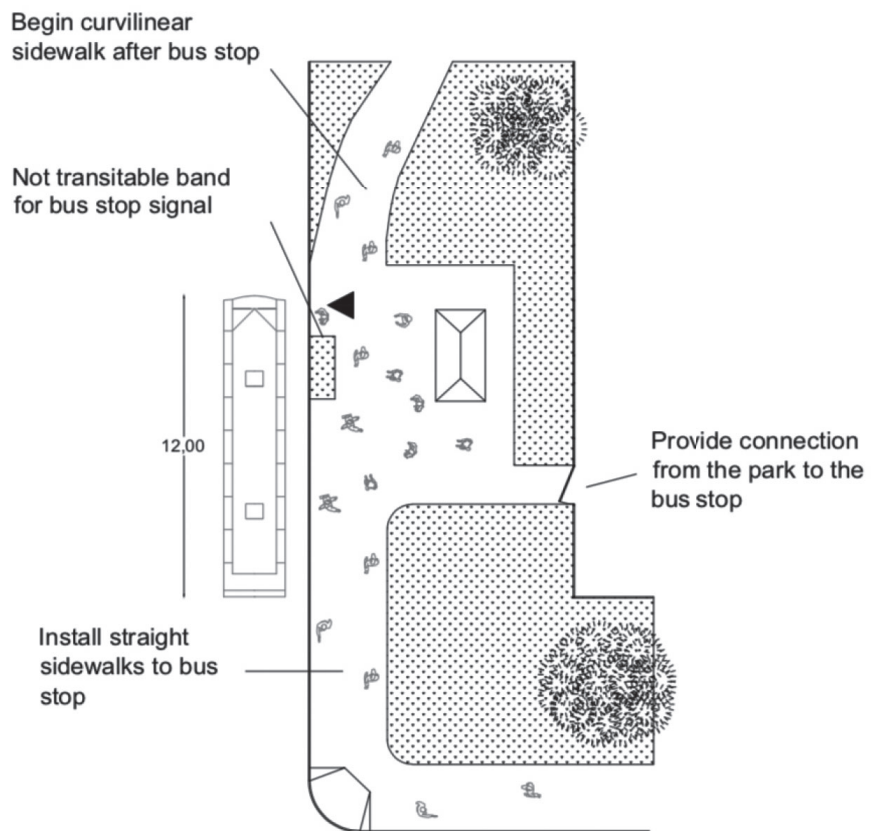


Figura 13 - Schema concettuale di accessibilità pedonale alla fermata favorevole. Elaborato da [36], [37] e [48].

Figure 13 - Conceptual scheme of pedestrian accessibility at the favourable stop. Drafted by [36], [37] and [48].

ing by on the footpath. Therefore, the path from the waiting area must be connected to the edge of the footpath and possibly be built outside the pedestrian path. For example, there are two cases depending on whether the footpath is adjacent to the roadside or distant (Figs. 14, letters A and B). In the first case, the waiting area should be located behind the footpath; in the second case a paved access must be built from the waiting area to the edge of the footpath.

Moreover, the accessibility level of the stop () can be determined Tab. 12 as a relationship between the quality level of the stop (Tab. 13) and the number of intersections with vehicular flow ([49]).

All planned routes from the pick-up/drop-off point at the stop to all origin/destinations within walking distance of the stop must be free of obstacles. To this end, the following should be recommended in the RRs:

- to ensure wheelchairs available passing space, the footpath must have a free span of 1.50 m, otherwise it would not be possible to reverse direction. Furthermore, it must be equipped with access ramps to all intersections with a maximum slope within $8 \div 10\%$ ¹⁹ according

¹⁹ The 10% slope might recommend accompaniment.

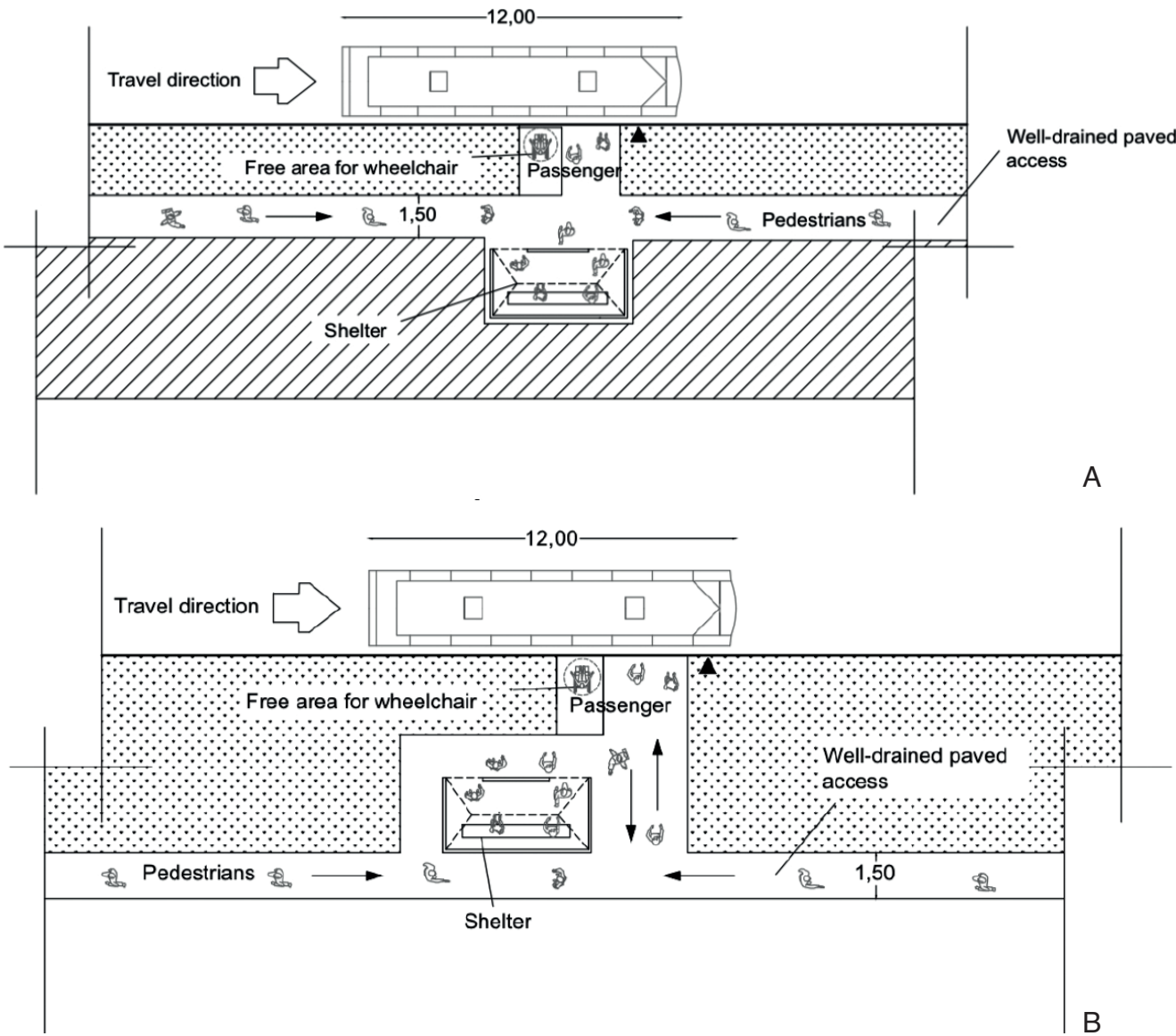


Figura 14 - Schema concettuale di accessibilità pedonale alla fermata. Accesso da un'area di attesa in fermata al ciglio del marciapiede A) e B). Elaborato da [36] e [48].
Figure 14 - Conceptual diagram of pedestrian accessibility at the stop. Access from a waiting area at the stop at the footpath curb A) and B). Drafted by [36] and [48].

elevato numero di intersezioni con il traffico veicolare e con una geometria (larghezza, pendenza) e pavimentazione non idonee, non solo possono aumentare il tempo di accesso alla fermata, ma anche diminuire il livello di sicurezza e di qualità del percorso (Fig. 13).

Ancora, i passeggeri in attesa di salire sul bus (e/o in discesa dal bus) non dovrebbero interferire con i pedoni in transito sul marciapiede. Pertanto, occorre ricordare il percorso dall'area di attesa fino al ciglio del marciapiede e renderlo possibilmente esterno al percorso pedonale. Ad esempio, si possono presentare due casi a seconda che il marciapiede sia adiacente al ciglio della strada oppure distante (Figg. 14, lettere A e B). Nel primo caso,

Tabella 12 – Table 12
Livelli di accessibilità alla fermata
Accessibility levels at the stop

Qualità Quality	Numero intersezioni con flussi veicolari Number of intersections with vehicular flows		
	0	1 ÷ 2	≥ 3
A (migliore) A (best)	1	2	3
B	1	2	3
C	2	3	3

l'area di attesa dovrebbe esser localizzata dietro al marciapiede; nel secondo caso occorre realizzare un accesso pavimentato dall'area di attesa al ciglio del marciapiede.

Inoltre, è possibile determinare il livello di accessibilità della fermata (Tab. 12) come relazione tra il livello di qualità della fermata (Tab. 13) e il numero di intersezioni con il flusso veicolare ([49]).

Tutti i percorsi pianificati dal punto di salita/discesa in fermata verso tutte le origine/destinazioni a distanza pedonale dalla fermata devono essere privi di ostacoli. A tal fine, nel RV dovrebbe essere raccomandato quanto segue:

- per garantire il transito di una sedia a ruote, il marciapiede deve avere una luce libera di 1,50m, altrimenti non sarebbe possibile l'inversione di marcia. Inoltre, deve essere dotato di rampe di accesso a tutte le intersezioni con pendenza massima contenuta entro l'8÷10%¹⁹ secondo il BU 150/1992 ([7]). Una larghezza ridotta di 0,90m può essere ammessa in particolari condizioni;
- eventuali sporti lungo il percorso dovrebbero essere collocati ad altezza inferiore a 0,70m o superiori a 2,05m. Altezze comprese all'interno di questi limiti sono fonte di criticità. Una persona non vedente potrebbe aver difficoltà ad individuare un ostacolo (e.g., chiosco telefonico) con il bastone; un cane da guida potrebbe non riuscire ad allontanare la persona non vedente dall'ostacolo;
- nell'area di attesa dovrebbe essere garantito uno spazio di dimensioni sufficienti a consentire la completa manovrabilità della sedia a ruote e del funzionamento della piattaforma mobile durante le operazioni di salita e discesa dal mezzo. Secondo [36] questo spazio dovrebbe essere un rettangolo di dimensioni minime pari a 1,50m x 2,50m. D'altra parte, [34] propone, nel caso in cui sia previsto l'accesso a livello, una profondità dell'area di attesa consigliata di 2,00 m (minima di 1,40m), che dovrebbe essere incrementata fino a 2,90 m (minima di 2,30 m) se l'accesso al bus avvenisse, invece, mediante l'impiego di una piattaforma mobile messa in posizione dal personale di servizio;
- la segnaletica presente nella fermata deve essere progettata anche per la fruibilità alle persone ipovedenti;
- le superfici dovrebbero essere stabili, possibilmente rigide e non sdruciolevoli. Preferibilmente, sono da evitare le brusche variazioni di pendenza. Dislivelli maggiori di 0,15m e superfici più ripide del 5% necessitano di rampe.

¹⁹ La pendenza del 10% potrebbe consigliare l'accompagnamento.

Tabella 13 – Table 13

Qualità delle fermate
Quality of stops

Larghezza del percorso Route width	Pendenza del percorso (i) Route slope (i)		
	0≤i≤2%	3%≤i≤6%	i>6%
< 1,50 m	C	C	C
1,50 m ÷ 2,00 m	A	B	B
> 2,00 m	A	A	B

to OJ 150/1992 ([7]). A reduced width of 0.90 m can be admitted in particular conditions;

- any protrusions along the route should be placed at a height of less than 0.70 m or greater than 2.05 m. Heights included within these limits are a source of criticality. A blind person may have difficulty identifying an obstacle (e.g., telephone booth) with the cane; a guide dog may not be able to move the blind person away from the obstacle;
- in the waiting area, a space of sufficient size should be guaranteed to allow complete manoeuvrability of the wheelchair and the operation of the mobile platform during vehicle boarding and alighting. According to [36] this space should be a rectangle with a minimum size of 1.50 m x 2.50 m. On the other hand, [34] in case level access is foreseen, a depth of the recommended waiting area of 2.00 m (minimum of 1.40 m) is proposed, which should be increased up to 2.90 m (minimum of 2.30 m) if access to the bus were instead made through the use of a mobile platform set up by the service staff;
- signs present at the stop must also be designed for usability to visually impaired people;
- surfaces should be stable, possibly rigid and not slippery. Preferably, abrupt changes in slope are to be avoided. Elevations greater than 0.15 m and surfaces steeper than 5% require ramps.

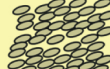
3.3.2.2. Functional street furniture in the waiting area

The waiting area is the (paved) area near a stop where passengers await the arrival of the vehicle. It should be made with non-slip paving and possibly with drainage material to ensure drainage of rainwater.

When designing the waiting area, the level of service (LoS) offered by it must be taken into consideration. The Highway Capacity Manual proposes a methodology for calculating the LoS. The reference benchmark is the pedestrian space defined as the ratio between the waiting area and the number of people occupying it at the same time. Generally an area of 0.75 m² is assumed as the minimum value for each pedestrian's area of influence. Tab. 14

Tabella 14 – Table 14

Livelli di servizio per le aree di attesa pedonali (Elaborato da [50])
Service levels for pedestrian waiting areas (Drafted by [50])

Livello di servizio Level of Service	Tipologia di flusso Flow type	Spazio pedonale [m ² /p] Pedestrian space [m ² /p]	Distanza tra i pedoni [m] Distance between pedestrians [m]	Caratteristiche del flusso pedonale Pedestrian flow characteristics	Schematizzazione Scheme
A	Libero Free	≥ 1,20	≥ 1,20	Nell'area di attesa si può stazionare e circolare liberamente, senza disturbare gli altri pedoni in coda. <i>In the waiting area you can stop and circulate freely, without disturbing other pedestrians in the queue.</i>	
B	Libero, ma con minor spazio Free, but with less space	0,90 – 1,20	1,10 – 1,20	Lo stazionamento e la circolazione, più limitata che nel caso "A", sono ancora possibili senza che si disturbino altre persone. <i>Parking and circulation, more limited than in case "A", are still possible without disturbing other people.</i>	
C	Stabile Stable	0,60 – 0,90	0,90 – 1,10	La circolazione è ancora possibile, disturbando però gli altri pedoni; i valori della densità rientrano comunque nel campo del comfort personale. <i>Circulation is still possible, but disturbing other pedestrians; the density values however fall within the range of personal comfort.</i>	
D	Condizionato Conditioned	0,30 – 0,60	0,60 – 0,90	Lo stazionamento può anche non implicare il contatto con gli altri; la circolazione però è molto difficoltosa e l'avanzamento è possibile solo in gruppo. A questa densità l'attesa per un lungo intervallo di tempo crea un senso di disagio. <i>Stationing may also not involve contact with others; however, circulation is very difficult and moving forward is only possible in groups. At this density, long waiting creates a sense of discomfort.</i>	
E	Forzato (capacità massima) Forced (maximum capacity)	0,20 – 0,30	≤ 0,60	Il contatto con gli altri è inevitabile ed è impossibile circolare. Tali condizioni di densità sono sopportabili solo per un breve intervallo di tempo, oltre il quale si manifesta un evidente disagio. <i>Contact with others is inevitable and it is impossible to circulate. These conditions of density are bearable only for a short period of time, beyond which evident discomfort occurs.</i>	
F	Congestionato Congested	≤ 0,20	Stretto contatto Close contact	Le persone in coda sono in contatto fisico le une con le altre. La densità è tale da generare estremo disagio, impedire qualsiasi movimento e provocare, nel caso di grandi folle, il panico. <i>People in the queue are in physical contact with each other. The density is such as to generate extreme discomfort, prevent any movement and cause panic in the case of large crowds.</i>	

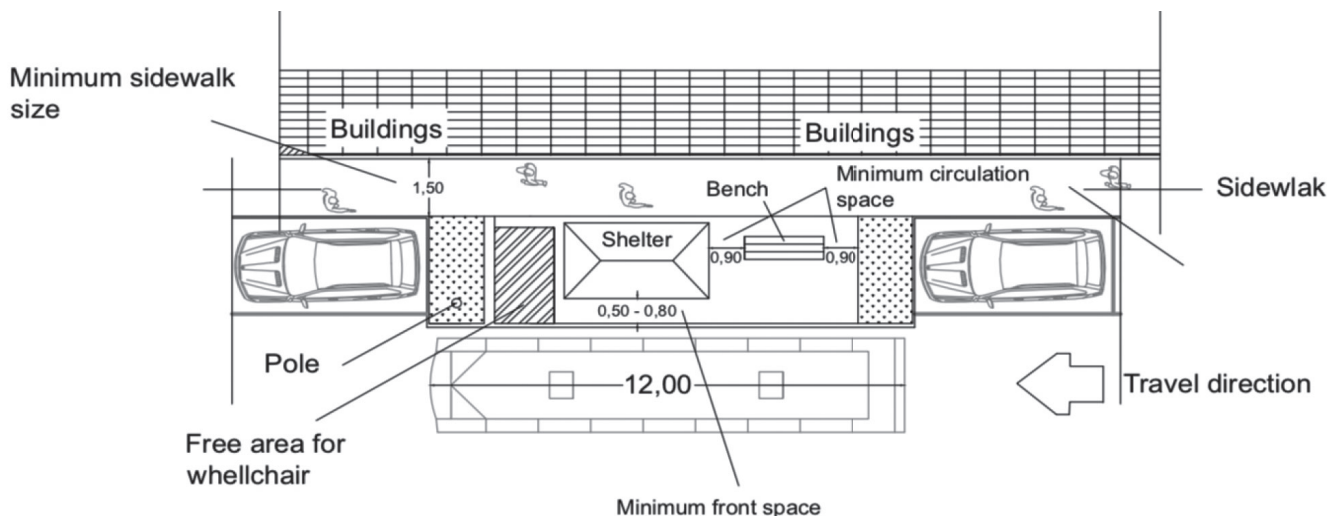


Figura 15 - Dimensioni minime per un'area di attesa nei pressi di un molo di fermata. Elaborato da [34], [36] e [37]. Dei principali elementi di arredo si forniscono brevemente alcuni standard tecnici (e.g., [34]; [35]; [41]).
 Figure 15 - Minimum size for a waiting area near a full-width boarder. Drafted by [34], [36] and [37]. Some technical standards of the main furnishing elements are briefly provided (e.g., [34]; [35]; [41]).

3.3.2.2. Arredi funzionali nell'area di attesa

L'area di attesa è la zona (pavimentata) nei pressi di una fermata dove i passeggeri attendono l'arrivo del mezzo. Dovrebbe essere realizzata con pavimentazione antisdrucciolevole ed eventualmente con materiale drenante per garantire lo smaltimento delle acque meteoriche.

Nel dimensionamento dell'area di attesa è necessario tenere in opportuna considerazione il livello di servizio (LdS) offerto dalla stessa. L'*Highway Capacity Manual* propone una metodologia per il calcolo del LdS. Il parametro di riferimento è lo spazio pedonale definito come il rapporto tra l'area di attesa e il numero di persone che contemporaneamente la occupano. Generalmente si assume un'area di 0,75 m² come valore minimo per la zona di influenza di ciascun pedone. La Tab. 14 riporta i diversi livelli di servizio previsti per le aree di attesa pedonali, che variano da quello A (il migliore) a quello F (il peggiore) [50]. I LdS potrebbero essere anche stimati utilizzando opportuni modelli matematici ([51]). Nel RV dovrebbe essere prescritto almeno un LdS C.

In base al LdS di progetto, l'area di attesa può essere provvista di arredi funzionali che riguardano prevalentemente la pensilina e la panchina, come mostrato nella Fig. 15, che è auto esplicativa. Altri elementi di arredo e.g., rastrelliere per le biciclette e cestini per rifiuti, possono essere collocati nella area di attesa.

La pensilina²⁰ fornisce un adeguato riparo dalle condi-

shows the different service levels envisaged for pedestrian waiting areas, which vary from A (the best) to F (the worst) [50]. At least one LoS C should be prescribed in the RRs.

According to the LoS of the project, the waiting area can be equipped with functional furnishings that mainly concern the shelter and the bench, as shown in Fig. 13, which is self-explanatory. Other items of furniture e.g., bicycle racks and waste bins, can be placed in the waiting area.

The bus shelter²⁰ provides adequate shelter from critical weather conditions. Usually, a shelter is made with transparent panels to have clear visibility inside/outside. There are several criteria for deciding where to place a bus shelter at a stop (e.g., available space; transshipments at the stop; number of elderly and/or disabled people; frequency of service). However, the main criterion is the number of passengers waiting during the day and the location of the stop. In agreement with [35], it would be advisable to provide with bus shelter the stops with at least 100 passengers/day in urban areas and 25 passengers/day in suburban areas, to ensure a good comfort level. In fact, the usability of passenger equipment (e.g., the shelter) is one of the fundamental comfort aspects for the quality of CT ([51]).

As for the location, it should be specified in the RRs that the shelters should be:

²⁰ In alcuni casi la pensilina può essere di proprietà del gestore della pubblicità. Tale scelta, però, non è raccomandabile poiché potrebbe accadere che il gestore, per sfruttare al meglio lo spazio disponibile, affigga gli annunci pubblicitari coprendo eccessivamente la pensilina rendendola, così, irriconoscibile per gli utenti del TC o, addirittura, elemento di distrazione per i conducenti.

²⁰ In some cases the advertising manager may own the shelter. This choice, however, is not recommended as it could happen that in order to make the most of the available space, the manager posts advertisements excessively covering the shelter, thus making it unrecognisable for users of CT or, even, an element of distraction for drivers.

zioni meteo critiche. Solitamente, una pensilina viene realizzata con pannelli trasparenti per avere una visibilità nitida interno/esterno. Esistono diversi criteri per decidere dove posizionare una pensilina in una fermata (e.g., spazio disponibile; trasbordi alla fermata; numero di persone anziane e/o disabili; frequenza del servizio). Tuttavia, il criterio principale è dato dal numero di passeggeri in attesa nel corso della giornata e dalla ubicazione della fermata. In accordo con [36], sarebbe opportuno dotare di pensilina le fermate con almeno 100 pass./giorno nelle aree urbane e 25 pass./giorno in quelle suburbane, per garantire un ottimo livello di comfort. Infatti, l'utilizzabilità di attrezzature per il passeggero (e.g., la pensilina) è uno degli aspetti di comfort fondamentali per la qualità del TC ([52]).

Per quanto riguarda la collocazione, nel RV andrebbe specificato che le pensiline dovrebbero essere:

- posizionate esternamente al percorso pedonale;
- posizionate esternamente all'area libera per la sedia a ruote;
- collocate preferibilmente nella parte finale della area di attesa per maggiore visibilità;
- collocate di lato alle vetrine dei negozi per non creare interferenza;
- posizionate, se fianco edificio, tali da lasciare uno spazio libero di 0,30m per consentire la rimozione dei rifiuti e la pulizia delle stesse pensiline;
- distanti (il tetto) dal ciglio della strada almeno 0,50m÷0,80m per consentire un facile accosto del bus in condizioni di sicurezza;
- provviste, se chiuse, di uno spazio libero di circa 0,20m tra il pavimento e la parte più bassa del pannello per migliorare la ventilazione e ridurre il trambusto.

Per quanto riguarda l'orientamento, occorre analizzare le caratteristiche ambientali del sito individuato, in quanto il posizionamento e l'ergonomia condizionano il comfort dei passeggeri. Questa analisi dovrebbe essere richiamata nel RV. Ad esempio, in zone dal clima molto caldo, in modo particolare in aree in cui scarseggiano gli alberi di una certa altezza, potrebbe essere disagiata la posizione delle pensiline orientandole direttamente verso est o verso ovest: nel caso in cui questa configurazione non possa essere evitata, è opportuno prevedere l'installazione di pannelli perforati in grado di oscurare, almeno parzialmente, la radiazione solare, avendo comunque cura di non pregiudicare la visibilità dei mezzi in arrivo da parte dei passeggeri.

Per climi freddi, le pensiline potrebbero essere completamente protette mediante pannelli pieni e la parte posteriore potrebbe essere ruotata verso la strada in modo da riparare gli utenti dagli eventuali schizzi d'acqua generati dal traffico veicolare. Tali pannelli dovranno essere costituiti da un materiale trasparente al fine di permettere, a chi è seduto all'interno della pensilina, di scorgere l'arrivo dei bus. In queste condizioni di clima freddo, l'orientamento della pensilina verso est potrebbe essere consigliato: infatti, la mattina, durante i mesi invernali, l'orientamento verso est potrebbe essere gradito agli utenti, fungendo anche da indizio termico

- placed outside the pedestrian path;
- placed outside the free area for the wheelchair;
- preferably placed in the final part of the waiting area for greater visibility;
- placed aside shop windows to avoid creating interference;
- if closed to buildings, placed such as to leave a 0,30 m wide free space to allow the waste removal and bus shelters cleaning;
- (the roof) away from the curb at least 0.50 m÷0.80 m to allow easy access to the bus in safe conditions;
- if closed, provided with a free space of about 0.20 m between the floor and the lowest part of the panel to improve ventilation and reduce noise.

Referring to the bus shelter orientation, the environmental characteristics of the identified site must be analysed, as the positioning and ergonomics affect the comfort of passengers. This analysis should be recalled in the RRs. For example, in areas with a very hot climate, especially in areas where trees of a certain height are scarce, it may be difficult to position the shelters orienting them directly towards east or west: in the event that this configuration cannot be avoided, it is advisable to provide for the installation of perforated panels that can obscure solar radiation, at least partially, taking care in any case not to compromise the visibility by passengers of arriving vehicles.

For cold climates, shelters could be completely protected by solid panels and the rear could be rotated towards the street in order to shield users from any water splashes generated by vehicular traffic. These panels must be made of transparent material in order to allow those sitting inside the shelter to see the arrival of the buses. In these cold weather conditions, the orientation of the shelter towards the east could be recommended: in fact, in the morning, during the winter months, users appreciate the east sun, also acting as a thermal indication for the blind. In situations where the direction of the prevailing winds is clearly identifiable (e.g., in coastal cities), it could also be useful to orient the panels so that the user is shielded from the gusts.

Some examples of orientation are given in Fig. 16.

The bench provides comfort to waiting passengers, even in the absence of a shelter. As for the shelter, it must be planned mainly on the basis of passengers expected at the stop, depending on the space available, in the presence of distant stops, in sites frequented by the elderly and disabled or in those where passengers are forced to sit or stop near the stop. For benches, the following standards are recommended to be included in the RRs.

- Place the benches in naturally and/or artificially sheltered places.
- Coordinate positioning with the existing lighting system for greater safety.

per i non vedenti. Nelle situazioni in cui la direzione dei venti prevalenti sia chiaramente individuabile (e.g., nelle città costiere), potrebbe essere utile, inoltre, orientare i pannelli in modo che l'utenza risulti schermata dalle raffiche.

Alcuni esempi di orientamento sono riportati nella Fig. 16.

La panchina fornisce comfort ai passeggeri in attesa, anche in assenza di pensilina. Così come per la pensilina, essa va prevista prevalentemente sulla base dei passeggeri attesi in fermata, in funzione dello spazio disponibile, in presenza di fermate distanti, nei siti frequentati da anziani e disabili o in quelli in cui i passeggeri sono costretti a sedere o sostare in vicinanza della fermata. Per le panchine, vengono raccomandati i seguenti standard da inserire nel RV.

- Posizionare le panchine in luoghi naturalmente e/o artificialmente riparati.
- Coordinare il posizionamento con l'impianto di illuminazione presente per maggiore sicurezza.
- Posizionare le panchine possibilmente su di un manufatto di cemento non scivoloso e garantendo il drenaggio delle acque meteoriche.
- Mantenere un'adeguata distanza fra la panchina ed altri oggetti presenti nell'area di attesa, per favorire sempre la accessibilità (e.g., non installare la panchina nello spazio per la sedia a ruote).
- Mantenere una distanza minima di 0,60m (preferibilmente 1,20m) tra la panchina ed il retro del marciapiede.

Le rastrelliere per le bici dovrebbero essere predisposte alle fermate per agevolare i ciclisti che intendono usare il TC. La presenza di aree destinate al parcheggio delle biciclette scoraggia i ciclisti dall'incatenare le bici presso gli arredi dell'area di attesa e le proprietà adiacenti. Si raccomanda di inserire nel RV quanto segue.

- Posizionare le rastrelliere in prossimità delle maggiori fermate interessate da traffico pendolare.
- Posizionare le rastrelliere all'esterno del percorso pedonale.
- Posizionare le rastrelliere in siti in cui strutture esistenti o altri elementi non limitano la visibilità.
- Coordinare il posizionamento con l'impianto di illuminazione presente per maggiore sicurezza.

I cestini portarifiuti possono migliorare l'aspetto e la funzionalità di una fermata. Essi dovrebbero essere rac-

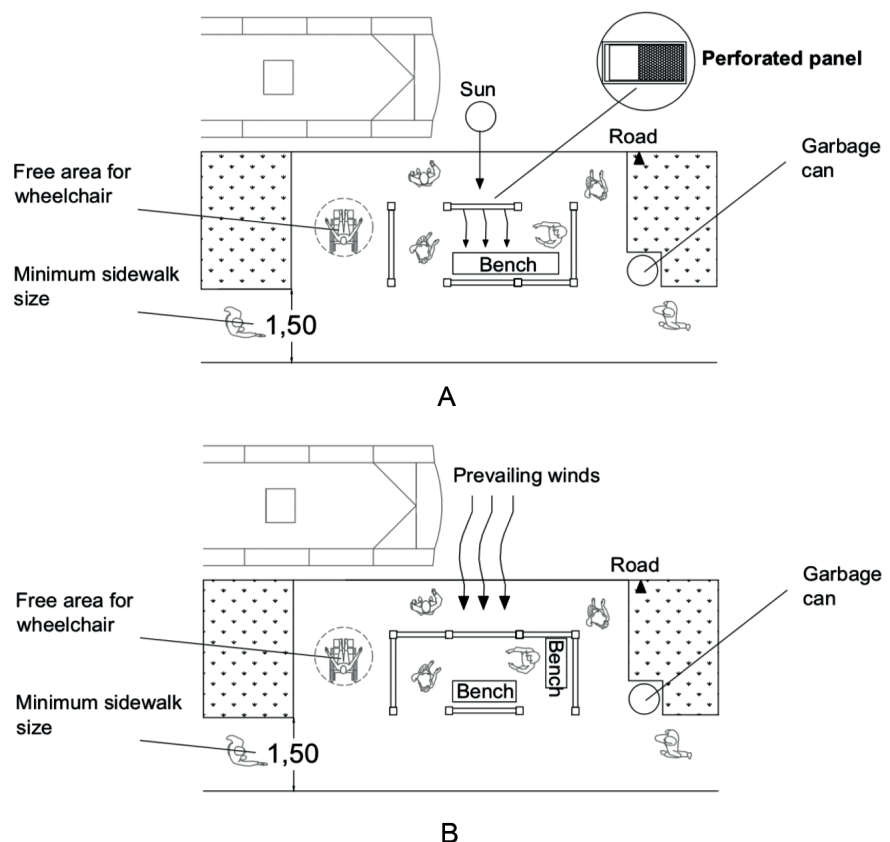


Figura 16 - Schema concettuale di orientamento della pensilina per climi caldi (A) e freddi (B). Elaborato da [36].

Figure 16 - Shelter orientation conceptual diagram for hot (A) and cold (B) climates. Drafted by [36].

- Position the benches if possible on a non-slippery concrete structure and guaranteeing the drainage of rain-water.
- Maintain an adequate distance between the bench and other objects in the waiting area, to always facilitate accessibility (e.g., do not install the bench in the space provided for the wheelchair).
- Maintain a minimum distance of 0.60 m (preferably 1.20 m) between the bench and the back of the footpath.

Bike racks should be set up at stops to facilitate cyclists intending to use CT. The presence of bicycle parking areas discourages cyclists from chaining their bikes to the waiting area furnishings and adjacent properties. It is recommended to include the following in the RRs.

- Key stops, which are affected by commuting traffic, should be provided with bike racks.
- Place the racks outside the pedestrian path.
- Place racks in sites where existing structures or other features do not limit visibility.
- Coordinate positioning with the existing lighting system for greater safety.

comandati laddove vi sono numerosi passeggeri in attesa oppure un forte accumulo di spazzatura, nonostante la bassa presenza di passeggeri. Comunque, si raccomanda un forte coordinamento fra tutti i soggetti interessati alla gestione di tali cestini per definire con chiarezza le responsabilità e le tempistiche relative alla pulizia, per evitare situazioni di degrado e disordine. Si raccomandano i seguenti standard da inserire nel RV.

- Fissare il cestino al terreno, al di fuori dallo spazio destinato alla sedia a ruote e ad almeno 0,60m da altri arredi e dal ciglio della strada.
- Assicurarci che il cestino non riduca la visibilità delle strade d'accesso vicine, se adiacente alla strada.
- Posizionare preferibilmente il cestino in zona d'ombra, per evitare di esporre i rifiuti alla luce diretta del sole con possibilità di emanare odori sgradevoli.
- Utilizzare cestini che impediscano il ristagno di liquidi.

3.3.2.3. Illuminazione

L'illuminazione alle fermate esercita una notevole influenza sulla sensazione di sicurezza percepita dai passeggeri. Infatti, una cattiva illuminazione accresce la possibilità che tale fermata venga utilizzata per scopi illeciti, specialmente a tarda sera. L'illuminazione può essere diretta oppure indiretta.

L'illuminazione diretta della pensilina è quella che maggiormente incrementa il senso di comfort, di riconoscibilità e di sicurezza: tuttavia è relativamente costosa. La soluzione più economica e ad elevata efficienza energetica potrebbe essere l'inserimento di un rilevatore di presenza, per contenere i consumi. Un'altra soluzione possibile è l'utilizzo di un'illuminazione di tipo fotovoltaico. Bisognerebbe comunque garantire la facile manutenzione e, contemporaneamente, la capacità di resistere ad atti vandalici.

Al contrario, l'illuminazione indiretta sfrutta l'impianto esistente - quello stradale - per illuminare la fermata. In Italia, esiste la norma UNI11248:2007 al quale ci si può riferire, perché individua le prestazioni illuminotecniche degli impianti di illuminazione atte a contribuire alla sicurezza degli utenti della strada, per quanto di pertinenza ([53]). Comunque, nel coordinare la disposizione delle pensiline e/o delle panchine e/o altri arredi con l'impianto di illuminazione stradale esistente, si deve sempre rispettare la normativa in materia di accessibilità alla fermata in accordo con il DPR 503/1996 ([9]).

Queste specifiche indicazioni dovrebbero essere richiamate nel RV.

4. Conclusioni e Raccomandazioni

Le Direttive per la redazione, adozione ed attuazione dei Piani Urbani del Traffico introducono il RV quale strumento per stabilire standard geometrici, di sicurezza e di modalità d'uso di ogni elemento della rete viaria, in rela-

Waste bins can improve the look and functionality of a stop. They should be recommended where there are many passengers waiting or where there is a heavy accumulation of rubbish despite the low number of passengers. However, strong coordination is recommended between all those involved in the management of these bins to clearly define the responsibilities and timing of cleaning, to avoid situations of degradation and disorder. The following standards are recommended to be included in the RRs.

- *Secure the bin to the ground, outside the wheelchair space and at least 0.60 m from other furniture and the roadside.*
- *Make sure that the bin does not reduce the visibility of nearby access roads, if adjacent to the road.*
- *Preferably place the bin in a shady area, to avoid exposing the waste to direct sunlight with the possibility of giving off unpleasant odours.*
- *Use baskets that prevent the stagnation of liquids.*

3.3.2.3. Lighting

Lighting at stops has a significant influence on passengers' perceived safety. Indeed, bad lighting increases the possibility that such a stop will be used for illicit purposes, especially late in the evening. Lighting can be direct or indirect.

Direct lighting of the shelter is the one that most increases the sense of comfort, recognition and safety: however it is relatively expensive. The most economical and energy-efficient solution could be the inclusion of a presence detector, to contain consumption. Another possible solution is the use of photovoltaic type lighting. However, easy maintenance and, at the same time, the ability to resist vandalism should be guaranteed.

On the contrary, indirect lighting uses the existing system - the street one - to illuminate the stop. In Italy, there is the UNI11248: 2007 standard to which we can refer, because it identifies the lighting performance of the lighting systems designed to contribute to the safety of road users, as far as pertinent ([52]). However, when coordinating the arrangement of the shelters and/or benches and/or other furnishings with the existing street lighting system, regulations on accessibility to the stop must always be respected in accordance with Presidential Decree 503/1996 ([9]).

These specific indications should be recalled in the RRs.

4. Conclusions and recommendations

Directives for the developing, adoption and implementation of Urban Traffic Plans introduce the RRs as a tool for establishing geometric, safety standards and methods

zione alle componenti di traffico ammesse. Il TC è una componente prioritaria della mobilità, soprattutto in area urbana. La revisione di molti RV esistenti ha generalmente evidenziato argomenti relativi agli standard tecnici riguardanti i veicoli motorizzati individuali. Tuttavia, quando si è affrontata la componente del TC, le indicazioni erano generalmente scarse. Solitamente, gli standard prescritti riguardavano poche caratteristiche degli itinerari e delle fermate con alcuni riferimenti alla manovrabilità dei veicoli e trascuravano l'accessibilità, il comfort e la sicurezza dei passeggeri, probabilmente a causa del poco *know-how* sull'argomento. Pertanto, poiché veicoli e passeggeri devono essere considerati elementi inseparabili nell'ambito del TC, può essere necessario richiamare nel RV standard tecnici aggiuntivi e specifici.

A partire dalle criticità emerse e redatta con lo scopo di una linea guida, la nota ha individuato standard tecnici minimi relativi a caratteristiche e spazi per il TC, utili a dettagliare la sezione specifica del RV in ambito urbano, sulla base della letteratura nazionale ed internazionale nonché norme, di contatti avuti con differenti operatori di TC ed esperienza professionale.

Pur non potendo ricomprendere la totalità degli aspetti caratterizzanti il TC, a causa della intrinseca complessità, i risultati ottenuti ne hanno permesso di inquadrare le caratteristiche infrastrutturali e gli spazi secondo una visione sistemica.

In conclusione, si suggeriscono le seguenti raccomandazioni, a coloro che fossero interessati a redigere il RV riguardante il TC in ambito urbano:

- gli operatori TC dovrebbero essere coinvolti nella fase di stesura e/o revisione della specifica parte del RV, poiché possiedono una elevata conoscenza di dominio;
- un maggiore coordinamento è fortemente raccomandato fra gli urbanisti e coloro che redigono gli itinerari del TC, anche con specifici riferimenti alla qualità del servizio [54], [55], [56], [57]) ed alle nuove tecnologie ([58], [59]);
- gli standard tecnici devono essere previsti non solo dal punto di vista geometrico ma anche da quello funzionale;
- una particolare soluzione progettuale dovrebbe essere avvalorata da una analisi di tipo trasportistico (e.g., la realizzazione di un golfo di fermata) e rivista assieme agli operatori del TC. Inoltre, essa dovrebbe essere simulata prima della realizzazione per la verifica della efficacia (e.g., gli operatori di TC potrebbero simulare eventuali ingombri del mezzo alla fermata e valutare in che modo la tipologia e la collocazione della fermata incidano sul tempo di sosta specifico);
- i principali layout e standard prescritti dai RV sul TC sarebbero applicabili sempre a nuove realizzazioni, mentre sarebbero di riferimento per la riqualificazione degli itinerari e delle fermate esistenti;
- il RV dovrebbe suggerire agli operatori del TC di rife-

of use of each element of the road network, in relation to the allowed traffic components. CT is a priority mobility component, especially in the urban area. The review of many existing RRs has generally highlighted technical standard issues regarding individual motorised vehicles. However, when the CT component was addressed, indications were generally scarce.

Usually, the prescribed standards concerned few characteristics of the itineraries and stops with some references to the manoeuvrability of vehicles and neglected the accessibility, comfort and safety of passengers, probably due to the little know-how on the subject.

Therefore, since vehicles and passengers must be considered inseparable elements within CT, it may be necessary to recall additional and specific technical standards in the RRs.

Starting from the critical issues that emerged and drafted with the aim of a guideline, the note identified minimum technical standards relating to characteristics and spaces for CT, useful for detailing the specific section of the RRs in an urban setting, based on national and international literature as well as standards, contacts with different CT operators and professional experience.

While not being able to include all the aspects characterising CT, due to its intrinsic complexity, the results obtained have allowed framing the infrastructural characteristics and spaces according to a systemic vision.

In conclusion, the following recommendations are suggested to those who are interested in drafting the RRs regarding CT in the urban environment:

- *CT operators should be involved in the drafting and/or revision of the specific part of the RRs, since they have deep knowledge of the domain;*
- *greater coordination between urban planners and those who draw up CT itineraries is strongly recommended, even with specific references to the quality of the service ([53], [54]);*
- *technical standards must be envisaged not only from a geometric point of view but also from a functional one;*
- *a particular design solution should be supported by a transport type analysis (e.g., the construction of a full-width boarder) and reviewed together with CT operators. Furthermore, it should be simulated before implementation to verify its effectiveness (e.g., CT operators could simulate any obstructions of the vehicle at the stop and evaluate how the type and location of the stop affect the specific stop time);*
- *the main layouts and standards prescribed by the RRs on CT would always be applicable to new constructions, while they would be a reference for the redevelopment of existing itineraries and stops;*
- *RRs should advise CT operators to refer to the function-*

rirsi alla classifica funzionale delle strade come strumento operativo di revisione dei tracciati delle linee.

Le specifiche tecniche riportate in questa nota tecnica potranno essere arricchite in studi futuri mediante i risultati di indagini rivolte alle imprese di trasporto ed agli operatori di esercizio (in riferimento ai fattori lato strada), ai cittadini (in riferimento ai fattori lato marciapiede) oltre a colloqui con i responsabili delle AP (in riferimento ai fattori lato strada e lato marciapiede).

al classification of roads as an operational tool for revising line layouts.

The technical specifications reported in this technical note may be enriched in future studies through the results of surveys aimed at transport companies and operators (with reference to road-side factors), citizens (with reference to footpath-side factors) as well as interviews with the managers of PA (with reference to the road-side and footpath-side factors).

BIBLIOGRAFIA - REFERENCES

- [1] Ministero dei Lavori Pubblici (1995), "Direttive per la redazione, adozione ed attuazione dei piani urbani del traffico. (Art. n. 36 del DL 30/04/1992, n. 285, Nuovo codice della strada)", SO n. 77 alla GU n° 146 del 24.6.1995.
- [2] DL (285/1992), "Nuovo codice della strada", SO alla GU n. 114 del 18.05.1992.
- [3] Ministero delle infrastrutture e dei trasporti (2001), "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", DM (6792/2001). SO alla GU n. 3. del 4.1.2002.
- [4] DPR (495/1992), "Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada".
- [5] Legge (122/1989), "Disposizioni in materia di parcheggi e programma triennale per le aree urbane maggiormente", GU n. 80 del 6.4.1989.
- [6] Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, Dipartimento delle aree urbane (1991), "Indirizzi attuativi per la fluidificazione del traffico urbano ai fini del risparmio energetico", CM (1196/1991). GU 10.6.1991, n.134.
- [7] Consiglio Nazionale delle Ricerche (1992), "Norme sull'arredo funzionale delle strade urbane", BU (150/1992).
- [8] Consiglio Nazionale delle Ricerche (1995), "Catalogo delle pavimentazione stradali", BU (178/1995).
- [9] DPR (503/1996), "Regolamento recante norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche", SO alla GU n. 227 del 27.6.1996.
- [10] Ministero delle infrastrutture e dei trasporti (1999), "Regolamento recante norme per la definizione delle caratteristiche tecniche delle piste ciclabili", DM (557/1999), GU n. 225 del 26.9.2000.
- [11] Ministero delle Infrastrutture e Trasporti (2006), "Norme funzionali e geometriche per costruzione delle intersezione stradali", GU n. 170 del 24.7.2006.
- [12] Comune di Bologna (2009), "Regolamento Viario della città di Bologna". Disponibile al link: http://www.comune.bologna.it/media/files/regolamento_viario_1.pdf. Consultato il 9 marzo 2020.
- [13] Comune di Palermo (2013), "Regolamento Viario comunale". Disponibile al link: https://www.comune.palermo.it/js/server/uploads/regolamenti/_06032019092750.pdf. Consultato il 9 marzo 2020.
- [14] Comune di Roma (2015), "Regolamento Viario della città di Roma". Disponibile al link: https://romamobilita.it/sites/default/files/pdf/pubblicazioni/Regolamento_viario_aprile_2015.pdf. Consultato il 9 marzo 2020.
- [15] Comune di Taranto (2002), "Regolamento Viario della città di Taranto". Disponibile al link: http://www.comune.taranto.it/images/doc/regolamento%20dell%20ente/traffico%20e%20parcheggi/1_Reg.%20via rio%20comunale.pdf. Consultato il 9 marzo 2020.
- [16] Comune di Reggio Emilia (2012), "Regolamento Viario della città di Reggio Emilia". Disponibile al link: <https://www.comune.re.it/retcevica/urp/regolamenti.nsf/PES-TitoloWebCategoria/3A79E4187416300FC1257A0D0027AE24?opendocument>. Consultato il 9 marzo 2020.
- [17] Comune di Ravenna (2016), "Regolamento Viario della città di Ravenna". Disponibile al link: <http://www.comune.ra.it/Aree-Tematiche/Ambiente-Territorio-e-Mobilita/Mobilita/Piano-Generale-del-Traffico/PGTU-2014>. Consultato il 9 marzo 2020.
- [18] Comune di Brescia (2018), "Regolamento Viario della città di Brescia". Disponibile al link: <http://www.comune.brescia.it/comune/statutoregolamenti/Documents/UltimeVersioni/REG-VIARIO.pdf>. Consultato il 9 marzo 2020.

- [19] Comune di Vicenza (1999), “Regolamento Viario della città di Vicenza”. Disponibile al link: <https://www.comune.vicenza.it/utilita/documento.php/68895>. Consultato il 9 marzo 2020.
- [20] Comune di Latina (2005), “Regolamento Viario del comune di Latina”. Disponibile al link: <https://www.roberto-polli.it/doc/RegolamentoViario/RegolamentoViario.pdf>. Consultato il 9 marzo 2020.
- [21] Comune di Como (2001), “Regolamento Viario della città di Como”. Disponibile al link: http://www.comune.como.it/export/sites/default/it/doc/vas/aggiornamento-pgtu/PGTU_Appendice_C_Reg_viaro.pdf. Consultato il 9 marzo 2020.
- [22] Comune di Carpi (2009), “Regolamento Viario del comune di Carpi”. Disponibile al link: <https://www.comune.carpi.mo.it/aree-tematiche/territorio/10470-pgtu/68897-regolamento-viaro>. Consultato il 9 marzo 2020.
- [23] Comune di Legnano (2013). “Regolamento Viario del comune di Legnano”. Disponibile al link: http://www.legnano.org/get_content/getfile.cfm?id=10419 Consultato il 9 marzo 2020.
- [24] Comune di Varese (2013), “Regolamento Viario della città di Varese”. Disponibile al link: <http://www.comune.varese.it/regolamento-viaro-e-classificazione-stradale>. Consultato il 9 marzo 2020.
- [25] Comune di Lucca (2017), “Regolamento Viario della città di Lucca”. Disponibile al link: http://allegatiatti.comune.lucca.it/Anno%202016/PGTU/PGTU%20Lucca%20Allegato%20A%20-%20RV_Rev_Marzo2017.pdf. Consultato il 9 marzo 2020.
- [26] Comune di Cremona (2018), “Regolamento Viario della città di Cremona”. Disponibile al link: <https://www.comune.cremona.it/node/403165>. Consultato il 9 marzo 2020.
- [27] Comune di Paderno Dugnano (2003), “Regolamento Viario del comune di Paderno Dugnano”. Disponibile al link: http://www.comune.paderno-dugnano.mi.it/binary/paderno_dugnano_2011/statuto_regolamenti/Piano_generale_traffico_urbano.1496919237.pdf. Consultato il 9 marzo 2020.
- [28] Comune di Castelfranco Veneto (2012), “Regolamento Viario del comune di Castelfranco Veneto”. Disponibile al link: https://www.comune.castelfrancoveneto.tv.it/public/old/LLPP/PIANO_GENERALE_TRAFFICO_URBANO_AGGIORNAMENTO_2016/REGOLAMENTO%20VIARIO.pdf. Consultato il 9 marzo 2020.
- [29] CORONA G., LILLIU F., VENTURA A. (2005), “Le caratteristiche infrastrutturali e gli spazi per il trasporto pubblico locale”. In Busi R. (a cura di) “Elementi per la redazione del regolamento viario”. Egaf Edizioni, pp. 1-256.
- [30] LEVINSON H. S. (2003), “*Bus rapid transit on City Streets, How Does it work.*” Second urban Street Symposium, Anaheim, CA.
- [31] BARABINO B., BARMINA G., Salis S. (2010), “Un confronto in termini economici dei “Metodi di priorità” per il trasporto collettivo urbano”. Ingegneria Ferroviaria, Vol. 65, (1), pp. 49-63.
- [32] National Association of City Transportation Officials, NACTO (2016). “*Global Street Design Guide, Global Designing cities initiative*”, Island Press. ISBN: 978-1-61091-494-9.
- [33] AA.VV. (2011), “*Good, better, best. The city of Copenhagen’s Bicycle strategy 2011-2025*”. Disponibile al link: https://www.eltis.org/sites/default/files/case-studies/documents/copenhagens_cycling_strategy.pdf Consultato il 9 marzo 2020.
- [34] AA.VV. (2017), “Linee guida cantonali. Concezione delle fermate del trasporto pubblico su gomma. Pianificazione, ubicazione, posizionamento, progettazione, arredo, informazione, dotazione, finanziamento e procedure”. Dipartimento del territorio, Sezione della mobilità della Repubblica e Cantone Ticino.
- [35] CORAZZA M.V., MUSSO A. (2015), “La fermata nel trasporto pubblico urbano: criteri per il dimensionamento, l’assetto funzionale e l’accessibilità”. In Corona G., Festa D.C., “Trasporto Pubblico Locale - Risorse, Pianificazione ed Esercizio”, Ed. EGAF, pp. 1-927, ISBN 978-88-8482-631-2.
- [36] FITZPATRICK K., HALL K., PERKINSON, D. (1996), “*Guidelines for the Location and Design of Bus Stops*”, Transit Cooperative Research program, Report 19. Transportation Research Board, National Research Council, Washington D.C.
- [37] In MATERNINI G. e FOINI S. (a cura di) (2009), “Linee guida per la realizzazione delle fermate del trasporto pubblico locale”, Ed. EGAF, pp. 1-176, ISBN 978-88-8482-301-4.
- [38] HATAMI, F., MAHJOUBIN, M. H., HATAMI, F. (2016), “*Design and construction of bus stop shelter using composite materials and new building technology*”. Turkish online journal of design art and communication, 6, 2672-2689.

- [39] Bus Priority Team (2006), *"Accessible bus stop design guidance"*. Transport for London. Disponibile al link: www.tfl.gov.uk. Consultato il 13 Marzo 2020.
- [40] AA.VV. (2012), *"Le fermate del trasporto pubblico locale. Guida metodologica alla progettazione"*. Documento redatto da Provincia di Brescia, Università degli Studi di Brescia, A.L.O.T. s.c.a.r.l.
- [41] Associazione Trasporti ASSTRA (2016). *"Linee guida per la realizzazione delle fermate del trasporto pubblico su gomma"*.
- [42] MATERNINI, G., GUGA, A. (2018), *"Some infrastructural elements for cyclists' injury prevention."* Town and Infrastructure Planning for Safety and Urban Quality - Proceedings of the 23rd International Conference on Living and Walking in Cities, LWC 2017, pp. 429-440.
- [43] GIULIANI F., MERUSI F. (2009), *"Le pavimentazioni stradali nelle fermate del trasporto pubblico"*. In MATERNINI G., FOINI S. (a cura di) *"Linee guida per la realizzazione delle fermate di trasporto pubblico locale"*. Egaf Edizioni, pp. 107-118.
- [44] BARABINO B. (2015), Affidabilità del servizio: le soluzioni. In Corona G., Festa D.C., *"Trasporto Pubblico Locale - Risorse, Pianificazione ed Esercizio"*, Ed. EGAF, pp. 1-927, ISBN 978-88-8482-631-2.
- [45] AA.VV. (2011). *"National Cycle Manual"*. National Transport Authority.
- [46] CORAZZA M.V. and FAVARETTO N. (2019), *"A methodology to evaluate accessibility to bus stops as a contribution to improve sustainability in urban mobility"*. *Sustainability*, 11(3), p. 803.
- [47] CORAZZA M.V., MUSSO A., KARLSSON M.A. (2017), *"More accessible bus stops: Results from the 3iBS research project"* In Transport Infrastructure and Systems; DELL'ACQUA G., WEGMAN F. EDS.; CRC Press/Taylor & Francis Group: London, UK, 2017; pp. 641-650.
- [48] Greater Cleveland Regional Transit Authority (2007), *"Bus Stop Design Guidelines."* RPTA Bus Stop Program and Standards.
- [49] AUTELITANO F., GIULIANI F., MATERNINI G. (2017), *"Progetto geometrico dei percorsi pedonali"*. In GIULIANI F., MATERNINI G. (a cura di) *"Percorsi pedonali"*, EGAF Edizioni srl, Forlì.
- [50] TRB (Transportation Research Board). (2016). *"Highway capacity manual 6th edition"*. A guide for multimodal mobility analysis.
- [51] COLOMBO R.M., FACCH, G., MATERNINI G., ROSINI M.D. (2008, June). On the continuum modeling of crowds. In *Proceedings of Hyp2008-the twelfth International Conference on Hyperbolic Problems held in the University of Maryland, College Park*, pp. 517-526.
- [52] BARABINO B., CABRAS N. A., CONVERSANO C., OLIVO A. (2020). *An Integrated Approach to Select Key Quality Indicators in Transit Services. Social Indicators Research*, 149:1045–1080. <https://doi.org/10.1007/s11205-020-02284-0>.
- [53] UNI (11248:2007). *"Illuminazione stradale - Selezione delle categorie illuminotecniche"*.
- [54] BARABINO B., DEIANA E., MOZZONI S. (2013), *"The quality of public transport service: the 13816 standard and a methodological approach to an Italian case"*, *Ingegneria Ferroviaria*, Vol. 68, issue 5, pp. 475-499.
- [55] BARABINO B. (2018), *"Automatic recognition of 'low-quality' vehicles and bus stops in bus services"*. *Public Transport*, Vol. 10, issue 2, pp. 257-289. <https://doi.org/10.1007/s12469-018-0180-8>.
- [56] BONERA M., MATERNINI G., PARKHURST G., PADDEU D., CLAYTON W., VETTURI D. (2020). *Travel experience on board urban buses: A comparison between Bristol and Brescia European Transport - Trasporti Europei n° 76*.
- [57] BONERA M., MATERNINI G., CLAYTON W., PADDEU D., PARKHURST G. *Analysis of the passengers' experience and travel time use on board urban buses. The case of Brescia | Analisi dell'esperienza ed utilizzo del tempo di viaggio dei passeggeri di autobus urbani. Il caso di Brescia*. *Ingegneria Ferroviaria*, vol.73 n. 12, pp. 1007-1030.
- [58] OLIVO A., MATERNINI G., BARABINO B. (2019). *Empirical Study on the Accuracy and Precision of Automatic Passenger Counting in European Bus Services. The Open Transportation Journal*, 13(1). doi: <http://dx.doi.org/10.2174/1874447801913010250>.
- [59] NITTI M., PINNA F., PINTOR L., PILLONI V., BARABINO B. (2020). *iABACUS: A Wi-Fi-Based Automatic Bus Passenger Counting System. Energies*, 13(6), 1446. doi:<https://doi.org/10.3390/en13061446>.

ALTA PRESTAZIONE | PRECISIONE | AFFIDABILITÀ

Plasser Italiana



Veicolo ibrido (elettrico-diesel) per la diagnostica

Il veicolo di ultima generazione EM120 E³ può essere equipaggiato con diversi sistemi diagnostici per il rilevamento dell'infrastruttura ferroviaria. Il mezzo è attrezzato con il sistema BL3 e può circolare in modalità elettrica o diesel su tutte le linee ferroviarie ad una velocità fino a 120 km/h.

www.plasser.it

"Plasser & Theurer", "Plasser" e "P&T" sono marchi registrati a livello internazionale.

Notizie dall'interno

Massimiliano BRUNER

TRASPORTI SU ROTAIA

Lazio: arriva il secondo treno Rock

È arrivato sui binari del Lazio il secondo treno Rock di Trenitalia. A due mesi dall'arrivo del primo, è pronto a entrare in servizio anche il secondo della flotta di treni ultramoderni, ecosostenibili e spaziosi di Trenitalia, in accordo con la Regione Lazio.

Il treno, in servizio sulla FL1 Orte-Fiumicino Aeroporto, sarà impiegato anche sulla FL3 Roma-Viterbo e fa parte di una flotta che comprende l'arrivo in regione di 65 nuovi treni Rock entro il 2024.

I nuovi convogli, studiati per garantire alti standard di comfort, sono sostenibili e riciclabili. Permettono di ridurre i consumi del 30% rispetto ai treni precedenti e sono composti per il 97% di materiale riciclabile. Inoltre, al loro interno è possibile trasportare fino a 18 biciclette.

- In arrivo altri treni

Nel programma di investimento pluriennale del Gruppo FS Italiane nel Lazio si prevede di far arrivare in Regione, entro il 2024, 4 treni 200 km/h e 3 treni bimodali rinnovando al 100% la flotta viaggiante portando l'età media dei convogli dai 14 anni del 2018 a 6 nel 2024 (*Comunicato Gruppo FSI*, 15 settembre 2020).

Veneto: linea AV/AC Verona-Padova, avvio lavori primo lotto Verona-Vicenza

Firmato il contratto di avvio lavori per la realizzazione della nuova li-

nea alta velocità Verona-Vicenza. Rete Ferroviaria Italiana (Gruppo FS Italiane) ha siglato l'accordo che affida al General Contractor Iricav Due – consorzio costituito per circa l'83% dal Gruppo Webuild, (Webuild e Astaldi) e per il 17% da Hitachi Rail STS, con quote minori di Lamaro Appalti e Fintecna – il primo lotto funzionale del nuovo tracciato ferroviario, per un investimento di oltre 2,7 miliardi di €.

Il progetto rappresenta la prima fase realizzativa dei tre lotti funzionali della linea AV/AC Verona-Padova e il proseguimento della Brescia-Verona, in corso di realizzazione.

In particolare, il tratto compreso tra Verona e bivio Vicenza, che si estenderà per circa 44 chilometri in territorio veneto, è suddiviso in due lotti costruttivi.

Il primo, del valore di 984 milioni di €, è interamente finanziato e comprende la realizzazione di opere civili, sovrastruttura ferroviaria e impianti tecnologici propedeutici all'attivazione delle deviazioni della linea convenzionale Milano-Venezia; il secondo, del valore di oltre 1,7 miliardi di € da finanziare, prevede il completamento delle opere civili, la realizzazione dell'armamento e degli impianti tecnologici.

La durata stimata dei lavori è di 6 anni e 8 mesi.

Il nuovo tracciato, la cui attivazione è prevista entro il 2027, collegherà le aree urbane di Verona e Vicenza, contribuendo ulteriormente al potenziamento del sistema ferroviario nazionale. La nuova infrastruttura favorirà la mobilità sostenibile promuovendo sempre più l'utilizzo

del treno, a vantaggio anche dello shift modale da gomma a ferro nel settore merci, con benefici in termini di impatto ambientale e tasso di incidentalità associata alla mobilità stradale.

La nuova linea consentirà inoltre di incrementare l'offerta di trasporto alta velocità lungo la direttrice orizzontale Milano-Venezia, parte integrante del Corridoio europeo TEN-T Mediterraneo, garantendo una migliore separazione dei flussi di traffico, con un conseguente incremento della capacità e della regolarità del servizio, riduzione dei tempi di viaggio e aumento della frequenza dei treni (*Comunicato Stampa Gruppo FSI*, 10 agosto 2020).

TRASPORTI URBANI

Nazionale: ASSTRA, riparte la scuola, riparte il trasporto pubblico in sicurezza

“La riapertura delle scuole e di tante attività produttive è un banco di prova molto importante per il sistema di trasporto pubblico locale italiano e per tutto il Paese. Le aziende aderenti a ASSTRA nei mesi scorsi hanno moltiplicato le iniziative per arrivare pronte a questo appuntamento aprendo, in molti casi, le porte ai cittadini per mostrare i sistemi di igienizzazione e cura della salute che mettono in campo più volte al giorno”.

Con queste parole A. GIBELLI, Presidente Asstra, l'associazione che rappresenta oltre 140 imprese di Trasporto Pubblico Locale ha commentato la pubblicazione di un video realizzato con le aziende di trasporto pubblico che illustra le misure da queste adottate volte a garantire la sicurezza sanitaria dei passeggeri e del personale.

“Il video pubblicato oggi da ASSTRA rappresenta uno stimolo ad affrontare la ripresa con realismo e senso di responsabilità, promuovendo i comportamenti virtuosi, a cominciare dalla buona pratica di in-

dossare la mascherina sui mezzi. La sicurezza assicurata a bordo segue standard particolarmente severi, definiti grazie agli studi e alle prove condotte dalle nostre aziende, poi recepite dalla normativa. Oggi viaggiamo all'80% della capacità, un buon punto di partenza per soddisfare la domanda, ma che richiede comunque l'impegno di tutti", ha concluso il Presidente GIBELLI (*Ufficio Stampa Asstra*, 14 settembre 2020).

Campania: Progetto "Napoli Porta Est"/ Nodo Garibaldi

È stato presentato a Napoli dal Presidente DE LUCA la scorsa settimana un programma di 10+1 proposte di intervento finalizzate a rilanciare il capoluogo campano, tra le quali è compreso il progetto "Napoli Porta Est".

"A seguito del finanziamento erogato dalla Regione Campania a valere su Fondi FSC il 5.7.2018 è stato sottoscritto tra i soggetti proprietari delle aree limitrofe alla stazione ferroviaria di Napoli Centrale/Garibaldi un "Accordo di Collaborazione per la definizione degli indirizzi strategici per la redazione del progetto di fattibilità tecnico economica per la riqualificazione e la riorganizzazione del Nodo Intermodale Complesso di Napoli Garibaldi", nell'ottica di avviare in maniera congiunta tra le Parti un importante processo di riqualificazione globale del Nodo, attraverso la riorganizzazione sistemica ed integrata delle reti di trasporto, con un conseguente miglioramento delle funzioni di scambio intermodale.

Il Progetto è finalizzato a migliorare l'accessibilità alle infrastrutture strategiche, a favorire l'interscambio tra le diverse modalità di trasporto e a creare soluzioni per il decongestionamento dal traffico urbano ed è stato affidato, nell'ambito delle società del Gruppo FS Italiane, da FS Sistemi Urbani a Italferr, società deputata alla progettazione e al project management di linee ferroviarie, stazioni e centri intermodali.

In particolare, il progetto propo-

ne il potenziamento delle funzioni di scambio intermodale e il completamento del nodo ferroviario di Napoli Garibaldi da realizzare anche tramite il riassetto trasportistico delle linee vesuviane, nonché tramite il processo di rifunzionalizzazione/riqualificazione delle aree dell'ex scalo merci FS di Napoli Centrale (adiacente corso A. LUCCI).

L'obiettivo da conseguire è la realizzazione in tale area di un HUB tra i più completi a livello nazionale, fortemente interconnesso con la città, mediante la valorizzazione dell'intermodalità territoriale e comunale (pedonale, ferro, gomma, bici), al fine di favorire nel tempo il passaggio a un sistema di mobilità sostenibile, con la graduale riduzione dell'utilizzo dell'auto privata in favore del mezzo pubblico.

L'HUB sarà composto da:

- ampliamento della nuova stazione EAV Garibaldi con la dismissione dell'attestamento a la riconversione di Porta Nolana in deposito/rimessa;
- un nuovo terminal bus e un parcheggio scambiatore, direttamente accessibili dall'autostrada A3;

Interconnessione tra i diversi sistemi di trasporto per favorire l'interscambio modale e l'accessibilità al TPL.

Il progetto si propone in particolare di intercettare il traffico su gomma proveniente dall'autostrada A3 per convogliarlo nel nuovo HUB prima che questo si riversi su via Galileo Ferraris, modificando in modo determinante l'attuale accessibilità dell'area, rendendo probabilmente necessarie anche alcune significative modifiche dell'attuale sistema di viabilità.

- La Nuova Stazione Eav Garibaldi e l'hub

Il "motore trasportistico" nell'ambito dell'intero progetto descritto è costituito dalla nuova stazione EAV, concepita per soddisfare l'incremento significativo della domanda di trasporto delle linee ex-circumvesuviane nella stazione Garibaldi a spese di

quella di Porta Nolana. L'arretramento a piazza Garibaldi dell'attestamento del servizio viaggiatori potrà infatti ottimizzare i tempi di interscambio tra i diversi sistemi e favorire l'attuazione strategica del progetto.

La nuova stazione sarà accessibile, oltre che dalla galleria commerciale della stazione FS di Napoli Centrale – configurazione attuale –, da un secondo ingresso da realizzare al livello delle banchine, che disporrà anche di un nuovo elemento di connessione in cui saranno localizzate le aree di attesa, le biglietterie e i servizi per i passeggeri dell'intero HUB intermodale. All'esterno della nuova stazione sarà collocato un ampio accesso *kiss&ride*, dotato di corsie per i taxi e di un terminal bus, da dove sarà possibile raggiungere il nodo di interscambio attraverso appositi percorsi. Il nuovo terminal bus, dotato di ampie banchine, segnaletica a messaggio variabile e pensiline di protezione per le persone in attesa, garantirà le fermate e lo stazionamento ai bus attualmente presenti nell'area. Infine, a completamento dell'HUB e direttamente connesso all'autostrada a A3, saranno previsti nuovi sistemi di sosta auto.

- Le Implicazioni Urbanistiche e Sociali

Il progetto proposto costituisce un'opportunità per conseguire un nuovo assetto morfologico e la riqualificazione urbana all'intera area dell'ex scalo merci FS di Napoli Centrale.

In particolare, le coperture dei binari della circumvesuviana lungo via Galileo Ferraris compresa la trincea della stazione di Porta Nolana definiranno una nuova traccia, "Chilometro Verde", costituita da una passeggiata per ciclisti e pedoni tra Porta Nolana e la stazione di Gianturco, con spazi dedicati all'incontro, alla sosta, al verde e allo spettacolo e con importanti ricuciture e riqualificazioni del tessuto urbano. I nuovi spazi potranno rappresentare un volano per processi più ampi di rigenerazione urbana e garantiranno un miglioramento del benessere ambientale,

acustico e della permeabilità dei suoli con la riduzione dell'effetto "isola di calore" per l'intero quartiere.

Infine, a completamento del progetto di rigenerazione urbana dell'area, è in fase di studio la possibilità di sviluppare nuove funzioni strategiche adeguatamente contestualizzate in un punto nevralgico della città (*Comunicato Stampa FS Sistemi Urbani ed EAV*, 16 settembre 2020).

Lazio: Urban Go è il team vincitore della challenge di Ferrovie dello Stato Italiane

Si è conclusa la nuova challenge "FS Mobility Management: promuovere la mobilità sostenibile per gli spostamenti casa-lavoro dei dipendenti del Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane" lanciata alle giovani imprese e agli innovatori da Gruppo FS Italiane, Regione Lazio e Lazio Innova.

All'Innovation Day, che si è svolto in modalità digitale a causa dell'emergenza sanitaria COVID-19, sono intervenuti tra gli altri: N. TASCO, presidente di Lazio Innova, D. GISMONDI, AD di FS Technology, A.M. MORRONE, Responsabile Reclutamento, Sviluppo e Formazione di Ferrovie dello Stato Italiane, G. ROTELLA, Responsabile Risorse Umane di Ferrovie dello Stato Italiane, L. CAMPITELLI, direttore operativo di Lazio Innova.

I team che hanno partecipato alla *pitching battle*, hanno beneficiato di un percorso di *mentorship* per definire la propria proposta di business insieme ad esperti di Lazio Innova e Gruppo FS Italiane.

Cinque i finalisti in gara che hanno mostrato un *moke up* e *demo* delle proprie soluzioni:

- RIDE MOBILITY - monopattino elettrico e rastrelliera smart;
- BUS RAPIDO - bus aziendali e *bus-sharing*;
- URBAN GO - piattaforma AI per favorire spostamenti casa-lavoro in modo sostenibile;
- VIP2ZIP - piattaforma di Voluntary Carbon Credit;
- MUV - *gamification* per stimolare

comportamenti di mobilità sostenibile.

Si è aggiudicata il primo premio URBAN GO che ha ricevuto i 10mila € messi in palio da Lazio Innova insieme con servizi specialistici. Il secondo e il terzo classificato, RIDE MOBILITY e MUV, riceveranno una serie di servizi specialistici relativi alla tutela brevettuale, contrattualistica, aspetti legali, *fund raising*, *marketing* e comunicazione.

L'iniziativa rientra nel programma strategico di *open innovation* della Regione Lazio ed è la quindicesima challenge finora realizzata, con l'obiettivo di mettere in connessione le grandi imprese con la creatività e la competenza di giovani talenti e startup. Le challenge hanno già coinvolto 108 progetti innovativi, supportati attraverso un programma di *mentorship*, concretizzando almeno 15 importati accordi commerciali, sperimentazioni e progetti di ricerca congiunti (*Comunicato Stampa Regione Lazio*, 18 settembre 2020).

TRASPORTI INTERMODALI

Nazionale: collaborazione Svizzera-Italia, concluso il Ceneri, si riparte dal Sempione

Dopo il completamento dei lavori per la galleria di base del Ceneri, si apre subito un nuovo capitolo volto a rendere il corridoio ferroviario Rotterdam-Genova ancora più performante.

A settembre 2020, è stato siglato un accordo tra Svizzera e Italia per una serie di interventi sull'asse Lötschberg-Sempione, nella quale l'Italia s'impegna a condurre lavori sulla linea per consentire, entro il 2028, il transito ininterrotto di semirimorchi con profilo di 4 metri fino ai grandi terminali di trasporto a nord del Paese.

Hupac ringrazia i partner italiani – in modo particolare il Ministero dei Trasporti e delle Infrastrutture, RFI e l'intero Gruppo FS, così come le associazioni di categoria e le imprese

ferroviarie – per il grande impegno e per il prezioso supporto fornito nella tempestiva realizzazione delle opere di potenziamento lungo il corridoio Rotterdam-Genova (*Comunicato Stampa Hupac*, 8 settembre 2020).

Nazionale: FLC, "Mettere in campo politiche ad hoc per governare la crescita dell'e-commerce"

"E-commerce, multicanalità e consegne a domicilio caratterizzano sempre più la "nuova normalità" che stiamo vivendo dopo l'emergenza sanitaria. Affrontare al meglio queste nuove sfide per la mobilità sostenibile significa creare un sistema integrato dove ogni attore faccia la propria parte: operatori logistici, enti locali, cittadini e operatori commerciali. Un patto che può essere supportato dai Comuni con politiche ad hoc da sviluppare all'interno dei PUMS, i Piani Urbani della Mobilità Sostenibile". È l'appello lanciato da M. MARCIANI, Presidente del Freight Leaders Council durante l'intervento al convegno "Mobilità e Trasporti sostenibili", organizzato al Comune di Novara in collaborazione con la Regione Piemonte e Confartigianato Imprese Piemonte Orientale in occasione della Settimana della mobilità sostenibile.

Durante il lockdown 1,3 milioni di persone hanno iniziato ad utilizzare le piattaforme di acquisto digitale. Nuovi e-shopper che si sono aggiunti ai 29 milioni di italiani già abituati ad acquistare online. All'inizio del 2020 la crescita dell'e-commerce si attestava tra il +38% e il +46%. Dopo il 21 febbraio l'incremento è stato del 56% e nella settimana tra il 23 e 29 marzo del 162%. Nonostante l'emergenza sanitaria, il commercio sul web è uno dei settori che crescerà di più nell'economia mondiale: fino al +55% con evoluzioni molto interessanti nel settore alimentare, nel *delivery* e nel farmaceutico. Si tratta di trend destinati a caratterizzare il "new normal" con i quali gli amministratori delle nostre città dovranno confrontarsi in termini di impatto ambientale, sociale ed economico.

“Gli aspetti migliorativi nella logistica urbana, come una maggiore semplificazione e digitalizzazione dei processi, introdotti dalla pandemia – ha aggiunto MARCIANI – possono essere di aiuto nello sviluppo di politiche specifiche e misure nel contesto dei Piani Urbani della Mobilità Sostenibile. Gli enti locali dovranno mettere in campo le regole, quanto più possibile armonizzate su un territorio vasto, in grado di integrare il servizio di consegna delle merci con tutte le altre modalità di trasporto considerando la ripresa del traffico già in atto. Gli operatori logistici saranno chiamati a una maggiore sostenibilità introducendo, per esempio, l'utilizzo di mezzi a basso impatto. Infine, le nuove tipologie di consegna quali l'instant delivery stanno portando alla ribalta nuovi modelli di business che, grazie a un ricorso sempre più massiccio alle nuove tecnologie, rendono di fatto possibile oggi quello che sembrava impensabile solo qualche anno fa” (*Ufficio Stampa Freight Leaders Council*, 17 settembre 2020).

INDUSTRIA

Nazionale: OICE/INFORMATTEL, aggiornamento al 31 agosto

Preoccupano molto i dati sulle gare di progettazione rilevati dall'Osservatorio Oice/Informatel nel mese di agosto, ma ancora di più quelli della prima metà di settembre.

“Nei due mesi di vigenza del decreto semplificazioni – precisa il Presidente dell'Oice G. SCICOLONE – la media giornaliera dei bandi di progettazione è passata dai 13 del periodo gennaio/giugno, ai 7 di agosto e ai 6 della prima metà di settembre. Ci auguriamo che ciò sia dovuto all'effetto di una pausa determinata dall'attesa del testo finale del decreto e del combinato disposto di ferie e *Smart working* dei tecnici della pubblica amministrazione ma siamo molto preoccupati. Probabilmente soltanto a ottobre avremo un quadro chiaro degli effetti determinati dalla

legge 120 sulla domanda pubblica di ingegneria e architettura, un provvedimento che a fianco di molte luci, soprattutto sull'accelerazione dei procedimenti di aggiudicazione e di stipula dei contratti che chiedevamo da tempo contiene, in prospettiva, anche qualche ombra. In particolare, il timore che abbiamo è che, a causa dell'ampia deroga per gli affidamenti “sotto soglia”, si rischi fino a fine 2021, di vedere compromesso il principio della centralità del progetto; bisognerebbe invece ricordare sempre che soltanto un progetto esecutivo ben fatto e accuratamente validato può assicurare una esecuzione con tempi e costi rispettati. Rimane poi il tema della riduzione e qualificazione delle amministrazioni per avere più omogeneità di comportamenti e per introdurre logiche di gestione degli appalti in ottica di project management, un percorso da portare avanti con supporti esterni qualificati”.

Ad agosto l'Osservatorio ha certificato la criticità della situazione del mercato della progettazione pubblica che tocca i minimi dell'anno: le gare rilevate sono state 150 con un valore di 19,8 milioni di €, cala del 25,7% e il valore dell'81,1% rispetto a luglio, e del 41,6% nel numero e del 49,8% nel valore rispetto ad agosto 2019. Da segnalare che nel mese di agosto è quasi completamente scemato il contributo degli accordi quadro.

Anche le prime anticipazioni sull'andamento della progettazione a settembre mostrano un andamento calante, sono solo 81 le gare di progettazione nei primi 15 giorni, quindi il calo di agosto potrebbe essere il primo segnale della tendenza al ribasso dei prossimi mesi. Dai dati emerge che sono i bandi di maggiore importo a calare drasticamente: rispetto a luglio il numero delle gare sopra soglia cala del 62,7% mentre quelle sotto soglia del 7,4%, il dato del valore è ancora più accentuato -86,5% sopra soglia e -16,4% sotto soglia.

Rimane ancora fortemente positivo il risultato degli otto mesi del 2020 sempre per i servizi di sola progettazione: il numero dei bandi è stato di 2.085 per un valore di 536,3 mi-

lioni di €: +11,1% in numero e +29,0% in valore sui primi otto mesi del 2019. I bandi per accordi quadro, sono stati 110 per 277,8 milioni di €. Se consideriamo i dati dei servizi di sola progettazione, al netto del numero e del valore degli accordi quadro, il confronto con i primi otto mesi del 2019 evidenzia un incremento del 5,3% nel numero dei bandi ma un calo del 37,8% nel loro valore. Nel grafico la linea di tendenza del numero è in piano mentre sale leggermente quella del valore.

Anche il mercato di tutti i servizi di ingegneria e architettura in agosto sente le avvisaglie di una crisi, infatti le gare pubblicate sono 365 per un valore di 123,7 milioni di €, -24,0% in numero e -35,9% in valore sul precedente mese di luglio. Rispetto ad agosto 2019 il numero cala del 29,5% e il valore cresce dell'8,7%. Negli otto mesi del 2020 i bandi pubblicati sono stati 4.130 per un valore di 1.401,7 milioni di €, +11,0% in numero e +55,8% in valore rispetto ai primi otto mesi del 2019. Il grafico mette in evidenza la forte crescita delle linee di tendenza del numero e del valore.

Spinta in avanti dei bandi per appalti integrati (appalti di lavori con contenuti di progettazione): nel mese di agosto sono stati 47, con valore complessivo dei lavori di ben 1.680,6 milioni di € e con un importo dei servizi stimato in 31,0 milioni di €. Rispetto al mese di luglio il numero è cresciuto del 42,4% e il valore del 515,5%. Il risultato è principalmente dovuto alla pubblicazione di 3 bandi, divisi in 24 lotti, con un valore di 1.554,5 milioni di €, pubblicato da Rete Ferroviaria Italiana. Dei 47 bandi pubblicati lo scorso mese 19 hanno riguardato i settori ordinari, per 1,7 milioni di € di servizi, e 28 i settori speciali, per 29,2 milioni di €, al netto delle gare di Rete Ferroviaria Italiana il valore dei servizi è di 2,1 milioni di €. Negli otto mesi sono stati pubblicati 267 bandi per 3.335,1 milioni di € di lavori, con una crescita del 181,1% nel numero e del 160,3% nel valore rispetto al 2019 (*Comunicato Stampa OICE*, 1 settembre 2020).

**Nazionale: ANFIA,
mercato auto stabile (-0,4%)
ad agosto dopo 7 mesi
consecutivi in flessione**

Secondo i dati pubblicati oggi dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, ad agosto il mercato italiano dell'auto totalizza 88.801 immatricolazioni, ovvero lo 0,4% in meno rispetto allo stesso mese del 2019.

Il consuntivo dei primi otto mesi del 2020 conta, quindi, 809.655 immatricolazioni, in calo del 39% rispetto ai volumi dello stesso periodo del 2019. "Per la prima volta da inizio anno, ad agosto il mercato auto italiano rimane sostanzialmente stabile (-0,4%), dopo i pesanti cali a doppia cifra registrati per 5 mesi consecutivi, da marzo a luglio – commenta P. SCUDIERI, Presidente di ANFIA.

Sicuramente si tratta di un primo segnale positivo e di speranza per una graduale ripresa del settore automotive, con risultati di mercato in progressivo miglioramento di qui a fine anno.

Con il Decreto Legge 'Agosto', il fondo che finanzia la misura Ecobonus è stato ulteriormente incrementato di 400 milioni di € per il 2020, di cui 300 destinati esclusivamente alla misura di incentivazione prevista dal precedente DL Rilancio, modificando la suddivisione del plafond per le varie fasce di emissioni e, soprattutto, introducendo la nuova fascia 61-90 g/Km di CO₂. In questo modo, la spinta allo smaltimento degli stock di vetture accumulati nei mesi di *lockdown* si coniuga con l'attenzione al rinnovo del parco circolante nel segno della sostenibilità ambientale, secondo il dettato europeo.

Permane, tuttavia, la necessità di prevedere una misura per far ripartire anche per il mercato dei veicoli commerciali leggeri – un settore in sofferenza che, nei mesi di picco dell'emergenza Covid-19, ha registrato un'impennata nelle consegne dell'ultimo miglio sottolineando la centralità di un'efficiente mobilità urbana delle merci – inserendo un plafond ad hoc in fase di conversione in legge del citato Decreto 'Agosto'.

In conclusione – prosegue SCUDIERI – ANFIA non può che dirsi soddisfatta del lavoro di questi ultimi mesi a fianco del Governo e delle misure introdotte in tema di incentivazione del mercato auto. Ora, l'auspicio è di collaborare in maniera ugualmente efficace su un pacchetto di misure strutturali per il settore automotive da proporre per accedere alle risorse del Recovery Fund, un'opportunità da non perdere per favorire la transizione ecologica, energetica e digitale del Paese".

Passando all'analisi del mercato per alimentazione 1, ad agosto prosegue il calo delle alimentazioni tradizionali, mentre il trend rimane positivo per le auto elettrificate.

Le vetture diesel ad agosto si riducono del 18% e rappresentano il 35% del mercato, quota che si mantiene tale anche nei primi 8 mesi del 2020 (7 punti in meno rispetto allo stesso periodo del 2019), a fronte di immatricolazioni a -48%. Le auto a benzina calano del 18% nel mese e del 42% nel cumulato, e rappresentano il 36% del mercato di agosto ed il 42% del totale immatricolato a gennaio-agosto. Risultano nel complesso in crescita le vendite di auto ad alimentazione alternativa, che raggiungono, nel mese, una quota del 29%, in aumento del 57%, mentre si riducono del 4% nei primi otto mesi del 2020 rappresentando il 23% del totale mercato, 8 punti percentuali in più rispetto allo stesso periodo del 2019.

Ancora in flessione le autovetture alimentate a Gas: GPL a -33% nel mese e -45% nel cumulato, raggiungendo una quota del 7% nel mese e del 6% nel progressivo 2020; in aumento le auto a metano, +12% ad agosto, con una quota sul totale mercato del 2,8% e -14% nei primi otto mesi del 2020, con una quota del 2,4%.

Continua la crescita del segmento delle autovetture ibride ed elettriche, +241% ad agosto e +49% da inizio 2020. Tra queste, le autovetture ibride *mild* e *full* crescono del 225% nel mese, con una quota di mercato del 15%, e del 36,7% nei primi otto mesi del 2020, con una quota dell'11%

(più del doppio rispetto allo stesso periodo del 2019). Le ricaricabili vendute ad agosto 2020 sono il 320% in più rispetto ad agosto 2019, grazie alle forti variazioni positive sia delle autovetture elettriche (+255% e 2,1% di quota), che, soprattutto, delle ibride plug-in (+433% e 1,8% di quota), le quali, insieme, rappresentano, il 3,9% del mercato ad agosto e il 2,8% nei primi otto mesi.

Anche ad agosto, la versione ibrida della Panda risulta il modello più venduto tra tutte le vetture ibride.

In riferimento al mercato per segmenti, ad agosto le immatricolazioni di vetture superutilitarie continuano ad essere in calo, -26% (i modelli più venduti nel mese si confermano Fiat Panda e Fiat 500, che, insieme, rappresentano il 52% del segmento), mentre le utilitarie vedono crescere il proprio mercato del 5% (al primo posto si colloca Lancia Ypsilon). Le autovetture medie registrano un incremento del 3% e le medie inferiori del 4%, mentre le medie superiori riportano una leggera contrazione dell'1%. In calo i SUV medi, che cedono il 5% del mercato, mentre crescono i SUV delle altre dimensioni: i SUV piccoli del 18% (al primo posto la Fiat 500X e al terzo la Jeep Renegade), i SUV compatti del 7% (al primo posto la Jeep Compass) e, infine, i SUV grandi del 36%, rispetto a agosto 2019. Complessivamente, i SUV registrano un aumento tendenziale dell'11,5% (il 19% delle immatricolazioni di SUV appartiene a vetture del Gruppo FCA) e rappresentano il 45% del mercato del mese. La variazione è negativa anche per le immatricolazioni di monovolumi, che ad agosto si riducono del 6% nonostante la crescita dei piccoli monovolumi (+21%). Infine, si segnala il calo delle auto superiori (-2%), delle auto di lusso (-45%) e delle sportive (-65%).

Nei primi otto mesi del 2020, risultano in calo le immatricolazioni di tutti i segmenti. Secondo l'indagine ISTAT, ad agosto 2020 si stima un aumento sia dell'indice del clima di fiducia dei consumatori (base 2010=100), che passa da 100,1 a 100,8, sia dell'indice composito del

clima di fiducia delle imprese (Iesi), che sale da 77,0 a 80,8.

In riferimento al clima di fiducia dei consumatori, inoltre, per quanto riguarda i beni durevoli, tra cui l'automobile, l'indice relativo all'opportunità attuale all'acquisto risulta in aumento (da -67,8 a -61,7).

Anche l'indagine di acquisto di un'auto nuova nei prossimi 12 mesi di ISTAT ha rilevato, a luglio, una percentuale in crescita delle risposte positive rispetto a gennaio 2020 (da 9% a 9,4%). Secondo le stime preliminari ISTAT, ad agosto l'indice nazionale dei prezzi al consumo registra un aumento dello 0,3% su base mensile e una diminuzione dello 0,5% su base annua (da -0,4% del mese precedente). L'inflazione negativa continua ad essere determinata per lo più dall'andamento dei prezzi dei Beni energetici regolamentati (stabili a -13,6%) e di quelli non regolamentati (da -9% a -8,6%), mentre l'ampliarsi della flessione dell'indice generale si deve prevalentemente al calo più netto dei prezzi dei Servizi relativi ai trasporti (da -0,9% a -2,3%).

Nel comparto dei Beni energetici non regolamentati, guardando all'andamento dei prezzi dei carburanti, quelli del Gasolio passano da -12,1% a -11,7% in termini tendenziali (-0,2% il congiunturale), quelli della Benzina da -11,1% a -10,8% (-0,2% su base mensile), e quelli degli Altri carburanti da -5,2% a -3,6% (-0,3% rispetto a luglio).

Le marche nazionali, nel complesso, totalizzano nel mese 20.630 immatricolazioni (-5,7%), con una quota di mercato del 23,2%. Nel cumulo da inizio 2020, le immatricolazioni complessive ammontano a 193.079 unità (-41%), con una quota di mercato del 23,9%.

I marchi di FCA (incluso Maserati) totalizzano nel complesso 20.324 immatricolazioni nel mese (-2,7%), con una quota di mercato del 22,9%. Andamento positivo per i brand Alfa Romeo (+14,1%) e Jeep (+8,3%).

Nei primi otto mesi del 2020, i marchi di FCA totalizzano 190.795 autovetture immatricolate, con un

calo del 41% e una quota di mercato del 23,6%. Sono cinque, ad agosto, i modelli italiani nella *top ten* delle vendite, con Fiat Panda (5.313 unità) ancora in prima posizione – anche nel progressivo da inizio anno – seguita, al secondo posto, da Fiat 500X (2.440), che guadagna una posizione, e, al terzo, da Lancia Ypsilon (2.261). Al quinto posto troviamo Jeep Renegade (2.125), seguita, al sesto, da Jeep Compass (2.011), che guadagna ben quattro posizioni rispetto alla classifica del mese precedente.

Il mercato dell'usato totalizza, ad agosto, 155.727 trasferimenti di proprietà al lordo delle mini-volture a concessionari, il 34,1% in meno rispetto ad agosto 2019. Nei primi otto mesi del 2020 si registrano 1.725.609 unità, con una contrazione del 38,2% rispetto a gennaio-agosto 2019 (*Comunicato Stampa ANFIA*, 1 settembre 2020).

VARIE

In biblioteca al CIFI "Il Calcestruzzo Proiettato - Tecnologia e Controllo"

Perché proporre un testo sulla tecnologia del calcestruzzo proiettato se in Italia si fatica a produrre un buon calcestruzzo normale che sia innanzitutto durabile?

In primo luogo, perché esiste già una gran quantità di letteratura tecnica che spiega approfonditamente come si può progettare, produrre, consegnare e mettere in opera un buon calcestruzzo normale, mentre si constata un generale disinteresse per un prodotto – il Calcestruzzo Proiettato – considerato non essenziale per la statica delle costruzioni e quindi non meritevole di particolari attenzioni anzi, praticamente ignorato o considerato quasi di nicchia.

Nei tempi recenti la tecnologia delle costruzioni e dei materiali ha compiuto notevoli progressi "nella teoria" a cui non si sono associati analoghi sviluppi "nella pratica". Ciò a causa di una carenza del concetto di "etica del costruire", etica che, al

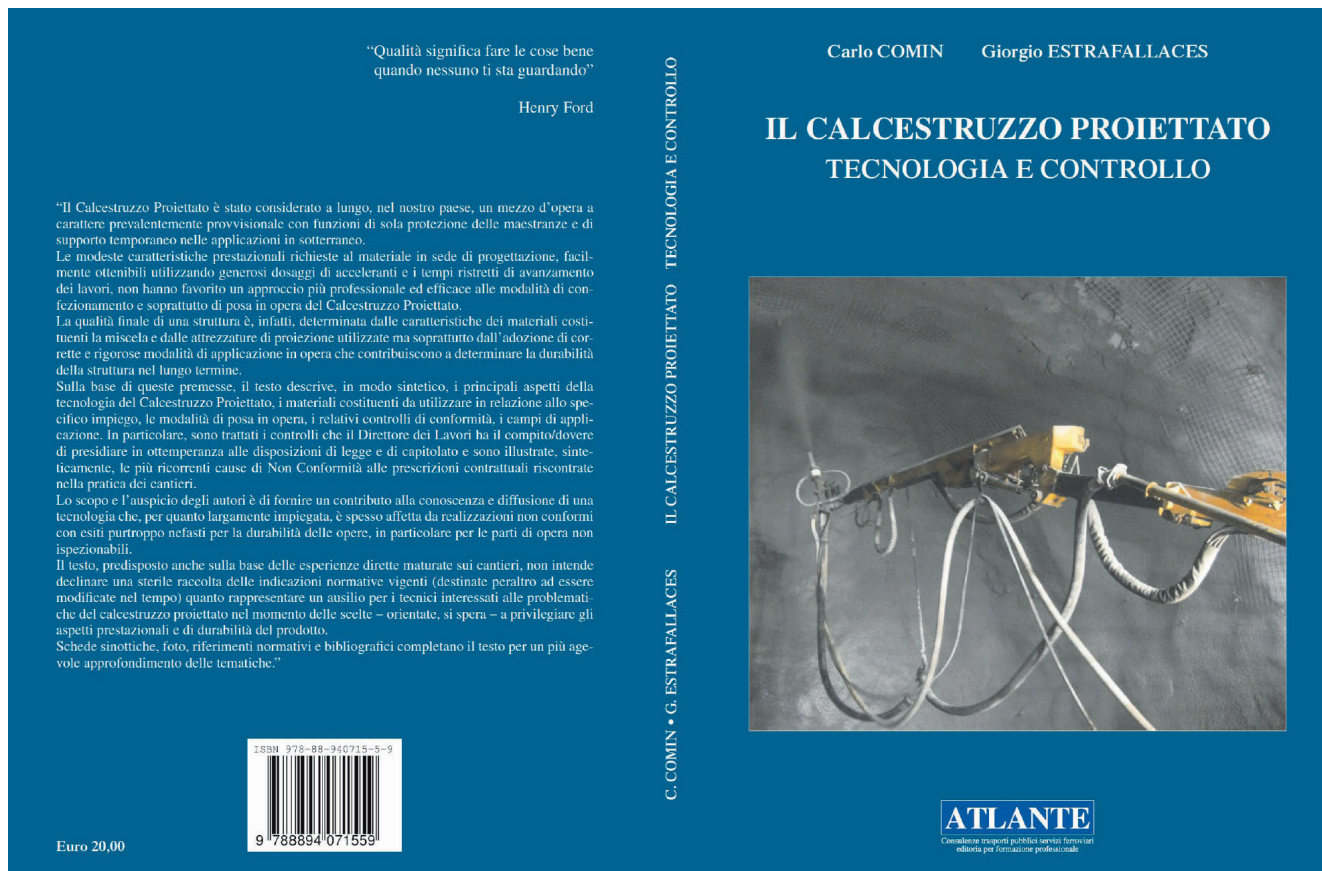
di là del rispetto delle innumerevoli e talvolta ridondanti Leggi che sono emanate o aggiornate spesso in modo non coordinato, deve presidiare la fondamentale esigenza di tutelare l'investimento pubblico e privato evitando spese in più per la collettività nell'immediato (in fase realizzativa) e onerosi costi di manutenzione nel futuro (durante corso della vita nominale dell'opera).

La qualità finale di una struttura è, infatti, determinata dalle caratteristiche dei materiali costituenti la miscela e dalle attrezzature di proiezione utilizzate ma "soprattutto" dall'adozione di corrette e rigorose modalità di posa in opera che contribuiscono a determinare la durabilità della struttura nel lungo termine.

Tornando quindi alla domanda iniziale e alle premesse successive, gli autori hanno provato a richiamare l'attenzione per un materiale o, meglio, un Processo che, specialmente nelle opere nascoste o in sotterraneo, è fondamentale per garantire la funzionalità e la durata dell'intero investimento evitando di intervenire con anticipati interventi manutentivi, come noto, deleteri per la regolarità dell'esercizio.

Per questo è quanto mai opportuno dedicare una particolare attenzione al Calcestruzzo Proiettato per il quale, negli ultimi 20 anni, la tecnologia ha compiuto notevoli progressi senza però riuscire a conferire a questo materiale la dignità strutturale che dovrebbe avere, anziché quella attuale di mezzo d'opera/struttura provvisoria, quasi "a perdere", con funzioni di sola protezione delle maestranze e di supporto temporaneo nelle applicazioni sia all'esterno che in sotterraneo.

Le modeste caratteristiche prestazionali richieste al materiale in sede di progettazione, facilmente ottenibili utilizzando generosi dosaggi di acceleranti e i tempi ristretti di avanzamento dei lavori, non hanno favorito un approccio più professionale ed efficace alle modalità di confezionamento e soprattutto di posa in opera del Calcestruzzo Proiettato al fine di conferirgli caratteristiche strutturali



(Fonte: Edizioni Atlante www.atlanteimola.it)

Figura 1 - Copertina completa del volume "Il Calcestruzzo Proiettato - Tecnologia e controllo". In visione nella biblioteca del CIFI, Sede di Roma.

al pari del calcestruzzo normale gettato e vibrato nei casseri.

Inoltre, nessuna competenza specialistica è riconosciuta alle maestranze addette alla posa in opera del CP i cui compiti rientrano pertanto nella genericità degli incarichi che l'operatore stesso è chiamato ad assolvere.

Compiti spesso affidati a operatori improvvisati, di scarsa cultura tecnologica, dotati di esperienze fai-da-te, solo di rado adeguatamente formati allo scopo, la cui abilità è valutata più sulla produzione oraria che sulla qualità finale del prodotto posto in opera. Al contrario, per poter assicurare al CP le prestazioni richieste minimizzando lo sfrido, l'usura delle attrezzature, il costo della posa in opera, è importante formare figure professionali specializzate qualificando l'operatore alla lancia (lanci-

sta), attraverso appositi programmi comprensivi di lezioni teoriche, da condurre in aula, e di esercitazioni pratiche, in campo, al fine di verificare gli apprendimenti conseguiti riguardo alle tecniche di proiezione, agli aspetti ambientali e a quelli della sicurezza sul lavoro.

Il testo del Manuale descrive in modo sintetico, nei primi tre capitoli, dopo un excursus sulla sua origine, i principali aspetti della tecnologia del Calcestruzzo Proiettato, i materiali costituenti e le miscele da utilizzare in relazione allo specifico impiego (regole che non differiscono sostanzialmente da quelle da applicare al calcestruzzo normale).

Il Capitolo 4 descrive le modalità di posa in opera e una particolare attenzione è dedicata proprio alla formazione della fondamentale figura del Lancista cioè di chi deve provvedere

alla corretta applicazione sul supporto.

Il Capitolo 5 tratta in dettaglio i controlli di conformità e i campi di applicazione; in particolare, sono trattati i controlli che il Direttore dei Lavori ha il compito/dovere di presidiare in ottemperanza alle disposizioni di legge e di capitolato. E su questo "dibattuto" tema dei controlli è opportuna una riflessione sull'esigenza di una efficace struttura di controllo, necessaria per prevenire comportamenti a volte maldestri degli esecutori spesso causa di gravi o irreparabili danni per la durabilità della struttura. Infatti è quanto mai urgente che tutti gli addetti ai lavori, Progettisti, Direttori dei Lavori, Imprese, Fornitori, Collaudatori ma in particolare le Stazioni Appaltanti, diano concreto impulso al processo di diffusione della cultura del "Con-

trollo di Qualità” in merito alla quale si deve prendere atto che bisogna percorrere ancora un lungo cammino per passare dagli attuali approcci di tipo normativo/coercitivo (che producono solamente ipertrofia burocratica e immaturità etica) a una visione completa e sistematica di processi che devono assumere la dignità di vere e proprie discipline tecnologiche.

Il Capitolo 6, infine, illustra alcune delle più ricorrenti cause di Non Conformità alle prescrizioni contrattuali riscontrate nella pratica dei cantieri cercando di fornire dei suggerimenti efficaci per la loro risoluzione.

In definitiva, lo spirito che ha animato e sostenuto la stesura di questo libro risiede, infatti, nella volontà di mettere a servizio degli altri le conoscenze acquisite “sul campo”, relative a una tecnologia – il Calcestruzzo Proiettato – largamente diffusa nella realizzazione delle opere

in sotterraneo ma non organicamente trattata in ambiti normativi e/o accademici.

Lo scopo e l’auspicio degli autori è di fornire un contributo alla conoscenza e diffusione di questa tecnologia che, per quanto largamente impiegata, è spesso affetta da realizzazioni non conformi con esiti purtroppo nefasti per la durabilità delle opere; tale aspetto per i gestori e gli utenti delle infrastrutture rappresenta, come già più volte richiamato, un sensibile rischio per gli inevitabili investimenti nella manutenzione e nella riparazione, oltre alle inevitabili limitazioni per l’esercizio.

Come si legge nell’incipit: “Un lavoro realizzato male si porta dietro una onerosa eredità non solo per chi lo ha commissionato ma soprattutto per le future generazioni che pagheranno i costi di continue e costosissime manutenzioni”, il testo, pertanto, non intende declinare una sterile

raccolta delle indicazioni normative vigenti (destinate peraltro ad essere modificate nel tempo), quanto rappresentare un ausilio per i tecnici interessati alle problematiche del calcestruzzo proiettato nel momento delle scelte – orientate – a privilegiare gli aspetti prestazionali e di durabilità del prodotto.

Il testo, in quadricromia, è corredato da 55 foto a colori, 13 tabelle, 29 figure ed è completato da riferimenti normativi e bibliografici per un più agevole approfondimento della materia.

(Cortesia C. COMIN, G. ESTRAFALLACES, 1 settembre 2020).

- Nota per il lettore: gli autori

C. COMIN ex Dirigente del Gruppo Ferrovie dello Stato e già Amministratore della Società GEIE BBT. G. ESTRAFALLACES specialista costruzioni in ITALFERR S.p.A. e membro Gruppi di Lavoro UNI.

Notizie dall'estero *News from foreign countries*

Massimiliano BRUNER

TRASPORTI SU ROTAIA *RAILWAY TRANSPORTATION*

Austria: il treno ad idrogeno di Alstom in servizio passeggeri

Dopo aver superato i test in Germania, Coradia iLint trasporterà i passeggeri delle ferrovie federali austriache. A Vienna inizia oggi una nuova era nel trasporto ferroviario passeggeri. Fino alla fine di novembre, un treno a idrogeno sarà, per la prima volta, in servizio passeggeri per ÖBB, le ferrovie federali austriache. Coradia iLint, costruito da Alstom a Salzgitter, in Germania, utilizza celle a combustibile che convertono l'idrogeno e l'ossigeno in elettricità, riducendo così a zero le emissioni.

Dopo il successo delle prove di trasporto passeggeri in Germania settentrionale tra il 2018 e il 2020, il treno Coradia iLint sarà messo alla prova in Austria per tre mesi, durante i quali trasporterà i viaggiatori su un territorio impegnativo dal punto di vista geografico.

“Con il servizio passeggeri nelle tratte di ÖBB, il nostro innovativo treno Coradia iLint ha raggiunto un ulteriore traguardo”, ha affermato il Dr. J. NIKUTTA, CEO di Alstom in Germania e Austria, all'evento di lancio a Vienna. “La tecnologia a emissioni zero del treno offre un'alternativa ai treni diesel rispettosa dell'ambiente, in particolare sulle linee non elettrificate. Sono particolarmente lieto che ÖBB, un partner consolidato e di lunga tradizione nel mercato europeo della mobilità, sostenga la nostra tecnologia e i suoi vantaggi.”

“Riteniamo di essere pionieri nella tecnologia dell'idrogeno su rotaia. Siamo la più grande azienda a im-

patto ambientale in Austria e stiamo progettando la mobilità del futuro con alternative tecnologiche sostenibili”, sottolinea A. MATTHÄ, CEO di ÖBB-Holding AG in occasione dell'evento inaugurale del treno a idrogeno.

Il successo operativo del treno a celle a combustibile di Alstom è iniziato nel settembre 2018, quando due veicoli pre-serie hanno iniziato il servizio regolare passeggeri in Bassa Sassonia, in Germania. Dopo un anno e mezzo di test e oltre 180.000 chilometri percorsi, Alstom si avvia alla consegna di 14 treni in serie a partire dal 2022. Ora, l'ÖBB austriaca testerà il Coradia iLint sulle linee ferroviarie regionali nel sud del paese, dove potrebbe sostituire i treni diesel. I passeggeri potranno viaggiare su un treno a bassa rumorosità con una velocità massima di 140 km / h e zero emissioni.

- Nota per il lettore: Il Coradia iLint.

Coradia iLint (Fig. 1) è il primo treno passeggeri al mondo che si muove grazie ad una cella a combustibile a idrogeno, che genera energia elettrica per la propulsione. Questo treno è completamente privo di emissioni, in quanto emette solo vapore e acqua ed è silenzioso. Coradia iLint è caratterizzato da molteplici innovazioni: conversione di energia pulita, stoccaggio flessibile dell'energia nelle batterie e gestione intelligente della forza motrice e dell'energia disponibile. Progettato specificamente per l'uso su linee non elettrificate, consente un funzionamento del treno pulito e sostenibile, mantenendo alti livelli di prestazione.

Alstom ha già venduto 41 di questi treni a idrogeno in Germania. Anche altri paesi come il Regno Unito, i Paesi Bassi, la Francia e l'Italia sono interessati alla tecnologia. Alstom è il leader nella mobilità a zero emissioni e l'unico produttore in grado di offrire ai propri clienti un'intera gamma di soluzioni a emissioni zero, dall'elettrico alla batteria, alle celle a combustibile a idrogeno (*Comunicato Stampa Alstom*, 14 settembre 2020).



(Fonte – Source: Alstom)

Figura 1 - Alstom Coradia iLint.
Figure 1 - Alstom Coradia iLint.

Austria: Alstom's hydrogen train in passenger service

After passing the tests in Germany, Coradia iLint will carry passengers of the Austrian Federal Railways. A new era in passenger rail transport begins today in Vienna. Until the end of November, a hydrogen train will, for the first time, be in passenger service for ÖBB, the Austrian Federal Railways. Coradia iLint, built by Alstom in Salzgitter, Germany, uses fuel cells that convert hydrogen and oxygen into electricity, thereby reducing emissions to zero.

Following the successful passenger transport trials in Northern Germany between 2018 and 2020, the Coradia iLint train will be put to the test in Austria for three months, during which it will transport travelers over geographically challenging territory.

"With passenger service on ÖBB's routes, our innovative Coradia iLint train has achieved another milestone," said Dr. J. NIKUTTA, CEO of Alstom in Germany and Austria, at the launch event in Vienna. "The zero-emission train technology offers an environmentally friendly alternative to diesel trains, especially on non-electrified lines. I am particularly pleased that ÖBB, an established and long-standing partner in the European mobility market, is supporting our technology and its advantages."

"We believe we are pioneers in rail hydrogen technology. We are the largest environmental impact company in Austria and are planning the mobility of the future with sustainable technological alternatives," emphasizes A. MATTHÄ, CEO of ÖBB-Holding AG at the inaugural event of the hydrogen train.

The operational success of Alstom's fuel cell train began in September 2018, when two pre-series vehicles began regular passenger service in Lower Saxony, Germany. After a year and a half of testing and over 180,000 kilometers traveled, Alstom is about to deliver 14 trains in series starting in 2022. Now, the Austrian ÖBB will test the Coradia iLint on regional railway lines in the south of the country,

where it could replace diesel trains. Passengers will be able to travel on a low-noise train with a maximum speed of 140 km/h and zero emissions.

- Note to the reader: The Coradia iLint.

Coradia iLint (Fig. 1) is the first passenger train in the world that moves thanks to a hydrogen fuel cell, which generates electrical energy for traction. This train is completely emission-free, as it only emits steam and water and is quiet. Coradia iLint features multiple innovations: clean energy conversion, flexible energy storage in batteries and intelligent management of motive power and available energy. Designed specifically for use on non-electrified lines, it enables clean and sustainable train operation while maintaining high levels of performance.

Alstom has already sold 41 of these hydrogen trains in Germany. Other countries such as the UK, the Netherlands, France and Italy are also interested in the technology. Alstom is the leader in zero-emission mobility and the only manufacturer able to offer its customers a full range of zero-emission solutions, from electric to battery to hydrogen fuel cells (Alstom Press Release, September 14th, 2020).

TRASPORTI URBANI URBAN TRANSPORTATION

Bulgaria: treni Inspiro e controllo dei treni basato sulle comunicazioni a Sofia

(CBTC) I sistemi Trainguard MT (TGMT) sono entrati in servizio passeggeri sulla linea 3 della metropolitana di Sofia. I treni e gli impianti serviranno la terza linea della metropolitana della capitale bulgara, inaugurata oggi alla presenza del Ministro dei Trasporti R. ZHELYAZKOV, del Sindaco di Sofia Sig.ra Y. FANDAKOVA e del Direttore Esecutivo di "Metropoliten" EAD Prof Dr. S. BRATOEV.

All'inaugurazione ufficiale della stazione della metropolitana dell'Università di Medicina, i partecipanti hanno avuto l'opportunità di provare

il comfort e l'elevata affidabilità dei treni Inspiro (Fig. 2) durante un viaggio dimostrativo con i nuovi treni.

M. PETER, CEO Siemens Mobility, ha dichiarato: "Siamo orgogliosi di aver consegnato uno dei treni di maggior successo ed ecocompatibili nel campo del trasporto ferroviario urbano, che cambierà il modo in cui le persone viaggiano attraverso Sofia. I nostri treni Inspiro sono stati sviluppati con un'attenzione particolare al basso consumo energetico, alla manutenzione ottimizzata, all'accesso per tutti e a considerazioni ambientali. Alla fine della sua vita utile, fino al 95 per cento del materiale rotabile può essere riciclato".

Nel marzo 2016 Metropolitan EAD ha incaricato un consorzio composto da Siemens e dal produttore di treni polacco Newag di attrezzare la nuova linea 3 della metropolitana nella capitale della Bulgaria. L'ordine iniziale era relativo alla prima fase di questo progetto di costruzione per i primi otto chilometri con sette stazioni e comprendeva la consegna di 20 treni della metropolitana di tipo Inspiro insieme al sistema automatico di controllo dei treni basato sulla comunicazione (CBTC, a bordo e lungo la strada) Trainguard MT, il Trackguard Westrace MKII ad incastro, il sistema contatore assi Clearguard-ACM-200, il sistema automatico di supervisione del treno Controlguide OCS, la radio vocale e il sistema di trasmissione dati, il sistema Power SCADA Sitrans RSC, la rete di comunicazione digitale lungo la strada, i display delle informazioni sui passeggeri le stazioni, compreso il Digital Station Manager (DSM) e le porte a zanzariera a mezza altezza per le stazioni. Successivamente, l'ordine è stato esteso con un'opzione per altri dieci treni e il sistema di automazione richiesto per l'esercizio della metropolitana. Il contratto esteso includeva la consegna di CBTC, Interlocking, ATS, radio vocale, Power SCADA, DSM e porte per piattaforme per altre cinque stazioni aggiuntive. L'ultimo treno sarà consegnato entro aprile 2021.

Le carrozzerie Inspiro sono state costruite nello stabilimento Siemens Mobility di Vienna, in Austria, mentre i carrelli sono prodotti nello stabilimento Siemens Mobility di Graz. L'assemblaggio finale, il collaudo dei treni in fabbrica e la messa in servizio statica dei treni si svolgono presso lo stabilimento Newag di Nowy Sacz, in Polonia. I treni possono viaggiare a velocità fino a 80 chilometri all'ora. Il loro pavimento è una lastra composita di sughero e alluminio fonoassorbente e leggera. Sono inoltre dotati di un sistema di trazione e frenatura altamente ridondante (orientato al carrello), che garantisce un alto livello di disponibilità e una frenata elettrodinamica quasi fino all'arresto (Comunicato Stampa Siemens, 26 agosto 2020).

Bulgaria: Inspiro trains and Communications Based Train Control in Sofia

(CBTC) Trainguard MT (TGMT) systems have gone into passenger service on Line 3 of the Sofia Metro. The trains and systems will serve the third metro line of the Bulgarian capital, which was opened today in the presence of the Minister of Transport R. ZHELYAZKOV, the Mayor of Sofia Mrs. Y. FANDAKOVA and the Executive Director of "Metropoliten" EAD Prof. Dr. S. BRATOEV.

At the official opening of the Medical University metro station, the attendees had the opportunity to experience the comfort and high reliability of the Inspiro trains (Fig. 2) during a demonstration trip with the new trains.

M. PETER, CEO Siemens Mobility, said: "We are proud to have delivered one of the most successful and environmentally friendly trains in the field of urban rail transport, which will change the way people travel across Sofia. Our Inspiro trains were developed with a special emphasis on low energy consumption, optimized maintenance, access for everyone and environmental considerations. At the end of its service life, up to 95 percent of the rolling stock can be recycled."



(Fonte – Source: Siemens)

Figura 2 - Siemens Inspiro, il materiale rotabile della metropolitana in esercizio a Sofia.

Figure 2 - Siemens Inspiro metro rolling stock for operational in Sofia.

In March 2016 Metropolitan EAD commissioned a consortium consisting of Siemens and the Polish train manufacturer Newag to equip the new metro line 3 in the capital of Bulgaria. The initial order was related to the first phase of this construction project for the first eight kilometers with seven stations and comprised the delivery of 20 Inspiro type metro trains along with the automatic Communication-Based Train Control (CBTC, onboard and wayside) system Trainguard MT, the Trackguard Westrace MKII interlocking, Clearguard-ACM-200 axle counter system, the automatic train supervision system Controlguide OCS, the voice radio and data transmission system, the Power SCADA Sitras RSC system, the wayside digital communication network, the passenger information displays in the stations including the Digital Station Manager (DSM) and half-height platform screen doors for the stations. Later, the order was extended with an option for ten more trains as well as the required automation system for the metro operation. The extended contract included the delivery of CBTC, Interlocking, ATS, voice radio, Power SCADA, DSM and platform screen doors for a further five additional stations. The last train will be delivered by April 2021.

The Inspiro car bodies have been built at Siemens Mobility plant in Vienna, Austria, while the bogies are manufactured at the Siemens Mobility plant in Graz. Final assembly, factory train testing, and static commissioning of the trains takes place at Newag's plant in Nowy Sacz, Poland. The trains can travel at speeds of up to 80 kilometers per hour. Their floor is a weight-saving, sound-absorbent composite cork-aluminum plate. They also feature a highly redundant traction and brake system (bogie-oriented), ensuring a high level of availability and electrodynamic braking almost down to standstill (Siemens Press Release, August 26th, 2020).

TRASPORTI INTERMODALI INTERMODAL TRANSPORTION

Russia: le velocità di consegna delle merci sulla rete ferroviaria statale sono aumentate del 18% nell'agosto 2020

Nell'agosto 2020, la velocità media di consegna delle spedizioni caricate complessivamente sulla rete ferroviaria russa è aumentata a 434 km al giorno, il 18% in più rispetto allo stesso mese dello scorso anno.

L'affidabilità delle consegne - la percentuale di spedizioni caricate arrivate in tempo - è stata del 99,2%, 1,2 punti percentuali in più rispetto ad agosto 2019.

Con un'autonomia di oltre 2.600 chilometri, la velocità media delle spedizioni caricate è aumentata a 635 km al giorno, il 34% più veloce rispetto allo stesso mese dell'anno scorso. Le velocità più elevate su lunghe distanze sono dovute a un migliore percorso del traffico, minori perdite di tempo nelle operazioni di manovra e una maggiore lunghezza delle sezioni che garantiscono il passaggio sicuro per i vagoni merci senza ispezioni in rotta.

Da gennaio ad agosto 2020, la velocità media di consegna delle spedizioni caricate sulla rete di proprietà delle Ferrovie russe è stata di 444 km al giorno, il 12% più veloce rispetto allo stesso periodo di otto mesi dello scorso anno. Allo stesso tempo, l'affidabilità delle consegne ha raggiunto il 99,4%, in lieve aumento rispetto al 98,3% da gennaio ad agosto 2019 (Comunicato Stampa RZD, 18 settembre 2020).

Russia: freight delivery speeds State Railway Network increased by 18% in August 2020

In August 2020, the average delivery speed of loaded shipments overall on the Russian Railways network increased to 434 km per day, 18% more than in the same month last year.

Delivery reliability – the proportion of loaded shipments that arrived on time – was 99.2%, 1.2 percentage points more than in August 2019.

With a range of more than 2,600 kilometres, the average speed of loaded shipments increased to 635 km per day, which is 34% faster than in the same month last year. Faster speeds over long distances are due to better traffic routing, reduced time losses on manoeuvring operations, and an increased length of sections which guarantee safe passage for freight cars without inspections en route.

During January to August 2020, the average delivery speed of loaded shipments on the network owned by Russian Railways was 444 km per day, which is 12% faster than in the same eight-month period last year. At the same time, delivery reliability reached 99.4%, up slightly from 98.3% during January to August 2019 (RZD Press Release, September 18th, 2020).

INDUSTRIA MANUFACTURES

Spagna: Trenitalia nel mercato AV con 23 nuovi FrecciaRossa 1000

Saranno Hitachi Rail e Bombardier Transportation Italy a realizzare per Trenitalia (Gruppo FS Italiane) i 23 nuovi Frecciarossa 1000 per i servizi alta velocità in Spagna a per un valore economico di circa 800 milioni di euro.

I nuovi treni sono parte di un più ampio piano per rinnovare e ampliare la flotta di Trenitalia che - in qualità di socio del consorzio ILSA, composto anche dalla compagnia aerea Air Nostrum - ha vinto la gara promossa dal gestore dell'infrastruttura spagnola (ADIF) per l'assegnazione delle tracce per i collegamenti alta velocità in Spagna. I 23 Frecciarossa 1000 offriranno una nuova esperienza di viaggio sulle rotte Madrid - Barcellona, Madrid - Valencia/Alicante e Madrid - Malaga/Siviglia con un numero di collegamenti giornalieri fino a 84 corse complessive.

I treni, realizzati negli stabilimenti italiani delle due società, garantiranno un forte indotto economico e occupazionale per il settore industriale del Paese. Dopo essere stati costruiti in Italia, a partire dal 2022 i treni saranno trasferiti in Spagna per iniziare le prove di omologazione e ottenere tutte le certificazioni per essere utilizzati anche fra le principali città iberiche.

I nuovi Frecciarossa 1000, progettati e costruiti per velocità com-

merciale massima di 360 km/h, avranno le stesse caratteristiche tecniche e prestazionali dei convogli che già circolano, da giugno 2015, sui binari italiani. I treni sono conformi a tutte le Specifiche Tecniche di Interoperabilità (STI) a livello internazionale. Inoltre, il Frecciarossa 1000 è il primo treno alta velocità ad aver ottenuto la certificazione di impatto ambientale (EPD) ed è costruito con materiali riciclabili e riutilizzabili per quasi il 100%, oltre ad avere ridotti consumi idrici ed elettrici.

L'ingresso nel mercato spagnolo rientra fra i progetti di internazionalizzazione del Gruppo FS Italiane che negli ultimi anni ha posizionato le principali società operative ai primi posti per livelli qualitativi ed efficienza anche all'estero e soprattutto in Europa. Fermo l'impegno prioritario sul mercato nazionale e al servizio dei pendolari, anche con i nuovi treni Pop e Rock già in esercizio in alcune regioni, per Trenitalia il nuovo mercato dell'alta velocità ferroviaria si estende all'Europa a seguito della liberalizzazione.

Trenitalia è presente con società controllate in Gran Bretagna con Trenitalia c2c e Avanti West Coast che gestisce i servizi da Londra a Glasgow/Edimburgo; in Germania con Netinera; in Francia con Thello e in Grecia con TrainOSE (Comunicato Stampa Gruppo FSI, 10 agosto 2020).

Spain: Trenitalia in the high-speed market with 23 new FrecciaRossa 1000

Hitachi Rail and Bombardier Transportation Italy will build the 23 new Frecciarossa 1000 for high-speed services in Spain for Trenitalia (FS Italiane Group) for an economic value of approximately 800 million euros.

The new trains are part of a broader plan to renew and expand the Trenitalia fleet which - as a member of the ILSA consortium, also composed of the airline Air Nostrum - won the tender promoted by the Spanish infrastructure manager (ADIF) for the allocation of tracks for high-speed con-

nections in Spain. The 23 Frecciarossa 1000 will offer a new travel experience on the Madrid - Barcelona, Madrid - Valencia / Alicante and Madrid - Malaga / Seville routes with several daily connections up to 84 trips in total.

The trains, built in the Italian factories of the two companies, will guarantee a strong economic and employment induced for the country's industrial sector. After being built in Italy, starting from 2022 the trains will be transferred to Spain to begin homologation tests and obtain all the certifications to be used also among the main Iberian cities.

The new Frecciarossa 1000, designed and built for a maximum commercial speed of 360 km / h, will have the same technical and performance characteristics of the trains that have already circulated, since June 2015, on the Italian tracks. The trains comply with all the International Technical Specifications for Interoperability (TSI). Furthermore, the Frecciarossa 1000 is the first high-speed train to have obtained the environmental impact certification (EPD) and is built with almost 100% recyclable and reusable materials, in addition to having reduced water and electricity consumption.

The entry into the Spanish market is one of the FS Italiane Group's internationalization projects which in recent years has positioned the main operating companies at the top in terms of quality and efficiency also abroad and especially in Europe. Without prejudice to the priority commitment on the national market and at the service of commuters, even with the new Pop and Rock trains already in operation in some regions, for Trenitalia the new high-speed rail market extends to Europe following liberalization.

Trenitalia is present with subsidiaries in Great Britain with Trenitalia c2c and Avanti West Coast which manages services from London to Glasgow / Edinburgh; in Germany with Netinera; in France with Thello and in Greece with TrainOSE (Press Release FSI Group, August 10th, 2020).

VARIE OTHERS

Internazionale: UEEIV, 30 anni di attività

UEEIV (www.ueeiv.eu), di cui il CIFI fa parte come socio fondatore, compie quest'anno trent'anni di vita; l'Unione comprende oggi 11 associazioni nazionali che raccolgono gli ingegneri ferroviari di Austria, Bulgaria, Croazia, Germania, Italia, Polonia, Regno Unito, Romania, Serbia, Slovacchia e Svizzera.

Ferma convinzione dell'Unione è che ogni importante nuova infrastruttura ferroviaria debba essere coordinata da un ingegnere dei sistemi, indipendente e neutrale, per uno scorrevole sviluppo dei lavori. A tal fine UEEIV offre un supporto a tutte le associazioni membri nell'organizzazione di seminari e conferenze per formare gli ingegneri e promuovere e sostenere a livello nazionale la figura dell'ingegnere dei sistemi ferroviari.

• Le origini e l'attività

Alla fine degli anni '80 l'Europa era politicamente in cambiamento. Dopo il dissolvimento del blocco orientale nel 1989 la situazione geopolitica in Europa si modificò profondamente. Molte delle nazioni dell'est si staccarono liberamente da una gestione socialista dello stato e dell'economia. Ma anche le Ferrovie subirono modifiche strutturali ed economiche, a causa anche della necessaria separazione tra gestione del trasporto e gestione della rete. Questo portò inevitabilmente a nuove sfide per gli ingegneri ferroviari.

J. WINDSINGER, Presidente di VDEI (Associazione Ingegneri Ferroviari Tedeschi), ferroviere purosangue ed ingegnere, ebbe la visione di come gli ingegneri avrebbero potuto padroneggiare questa situazione. La pluriennale esperienza di VDEI nella collaborazione con le associazioni degli ingegneri ferroviari di Olanda (WWV), Gran Bretagna e Irlanda (PWI), Austria (ÖVG) ed Italia (CIFI) gli diede fiducia sul fatto che una più ampia organizzazione europea degli ingegneri ferroviari avrebbe potuto

conseguire un'efficace attività di lobby presso il Parlamento europeo (e poi presso la Commissione), così come con l'UIC, e di conseguenza influire sugli sviluppi delle ferrovie in Europa. Con questa prospettiva trovò anche il supporto da parte di sponsor di VDEI, soprattutto dalle società Plasser & Theurer ed Heitkamp.

Occasione per la fondazione di tale associazione "ombrello" delle associazioni europee fu la 19^a Fiera Internazionale delle macchine per la manutenzione del binario organizzata da VDEI a Zurigo. L'invito ad una crociera sul lago di Zurigo l'8 maggio 1990 fu accolto da 60 rappresentanti di associazioni di ingegneri ferroviari e di amministrazioni ferroviarie, così come del modo economico e della ricerca scientifica, provenienti da 14 nazioni.

Dopo una presentazione sull'organizzazione e gli obiettivi dell'associazione ed una discussione intensa e sostanzialmente positiva da parte dei rappresentanti delle varie associazioni, fu decisa la costituzione di un ente internazionale che le raggruppasse denominato Union Europäischer Eisenbahn-Ingenieur-Verbände UEEIV (Unione delle Associazioni Europee degli Ingegneri Ferroviari). Per acclamazione ed all'unanimità fu affidata temporaneamente all'Ing. WINDSINGER di VDEI la presidenza e la gestione dell'associazione.

A completamento dell'incontro fu approntato un documento destinato al Consiglio dei ministri della Comunità Europea, al Parlamento europeo, al consiglio dell'Europa orientale per la cooperazione economica (RGW) ed ai governi ed alle amministrazioni ferroviarie di 18 nazioni, dal titolo: "Con nuove tecnologie ferroviarie moderni sistemi di trasporto in Europa". Le risposte ricevute furono decisamente positive.

Già il 6 giugno 1991 si tenne a Berlino la prima assemblea generale. Fu approvata la prima versione dello statuto ed eletti il Presidium ed i componenti del Kuratorium (Comitato consultivo) (Fig. 3).

Presidium:

Ing. N. KOORN.	Presidente WWV-NL
Ing. W. RAMING.	Vicepresidente ÖVG-AT
Dr. Ing. A. SEMRA	Vicepresidente SITK-PL
Dipl. Ing. R. DANUSER	Tesorieri GdI-CH
Dr. Ing. B. NEUMANN	Segretario VDEI-DE
Dipl. Ing. J. WINDSINGER	Segretario Generale VDEI-DE

Kuratorium:

Dr. W. DOLLINGER	Presidente-DE
Dr. K. EICHINGER	Plasser & Theurer-AT
Prof. Dr. Ing. E. KERKAPOLY	UVG-HU
Prof. Dr. G. R. CORAZZA	CIFI-IT
Prof. Dr. R. JAWORSKI	ÖVG-AT
Ing. K. UHRIG	Heitkamp-DE
Dipl. Ing. J. BOULEY	UIC-FR

La seconda assemblea generale si tenne a Berlino l'8 settembre 1992.

In tale sede fu deciso di iscrivere UEEIV come associazione di diritto tedesco nel registro del Tribunale di Francoforte sul Meno. La registrazione avvenne il 18 gennaio 1994. I componenti del Presidium furono confermati nei loro ruoli e come terzo vicepresidente fu eletto l'ingegner J. B. PITTS di PWI-UK.

L'assemblea ebbe luogo nell'ambito del secondo congresso internazionale sulle politiche del trasporto e delle ferrovie "Leistungsfähige Eisenbahnen in Europa" (Fig. 4). All'evento parteciparono con grande interesse 1000 ingegneri da 21 nazioni europee ed anche dall'Asia, tra i quali alti rappresentanti di governi e ferrovie.

Gli aspetti principali trattati dal Presidium negli anni successivi furono l'acquisizione di membri ordinari e sostenitori per consolidare l'attività dell'associazione, l'avvio di un'azione di lobby presso il parlamento europeo e la Commissione tramite l'associata belga URPIC, così come l'organizzazione di congressi internazionali sui trasporti e sulla politica professionale, conferenze specialistiche e seminari.



(Fonte: Cortesia di Dr. Ing. B. NEUMANN – Source: Courtesy Dr. Ing. B. NEUMANN)

Figura 3 - Da sinistra NEUMANN, KOORN, KERKAPOLY, WINDSINGER, RAMING, CORAZZA, DANUSER.

Figure 3 - From left NEUMANN, KOORN, KERKAPOLY, WINDSINGER, RAMING, CORAZZA, DANUSER.

Un primo momento significativo di questo lavoro fu sicuramente la partecipazione alla "Ricostruzione del collegamento ferroviario europeo tra Kaliningrad e Berlino" con scartamento 1435 mm. In questa occasione le aziende tedesche fruiro-

dei contatti di UEEIV con il ministero russo delle ferrovie ed i vertici delle ferrovie. Su una tratta di 1,3 km furono utilizzate per la prima volta in Europa dell'est traverse a Y. Nel maggio 1993 la linea entrò in servizio con una risonanza mondiale.



(Fonte – Source: Courtesy Dr. Ing. B. NEUMANN)

Figura 4 - H. DÜRR, Presidente di DB e DR, all'inaugurazione della mostra.
Figure 4 - H. DÜRR President of DB and DR, at the inauguration of the exposition.



(Fonte – Source: Courtesy Dr. Ing. B. NEUMANN)

Figura 5 - Riunione gruppo di lavoro: NEUMANN, CORAZZA, SEMRAU.
Figure 5 - Teamwork meeting: NEUMANN, CORAZZA, SEMRAU.

A seguito di decisione del Presidium, nel 1994 fu costituito un gruppo di lavoro (Fig. 5) per individuare gli aspetti basilari, poco chiari anche nel settore, che definissero la professionalità dell'ingegnere ferroviario. Il coordinamento del gruppo fu assunto dal Prof. CORAZZA.

Anni dopo questo gruppo di lavoro ha dato origine all'idea di assegnare agli ingegneri che corrispondevano alla definizione il titolo EURAIL-ING, tramite un certificato secondo la norma DIN EN 17024 (Fig. 6).

Viene così offerto agli ingegneri un attestato delle loro qualifiche. Inoltre, viene così facilitata anche la mobilità professionale in Europa. A inizio del 2020 sono 449 di 21 nazioni gli ingegneri certificati.

Gli sforzi successivi per introdurre, sulla base dell'attestato, un certificato professionale europeo per gli ingegneri ferroviari secondo le linee guida 2005/36/EG rimasero senza successo poiché i requisiti di legge per questo gruppo professionale non sono ancora stati creati.

UEEIV ha ottenuto un riconoscimento internazionale grazie ai suoi congressi, comprendenti anche esposizioni e visite tecniche specialistiche:

- 3° Congresso, dal 19 al 21 aprile 1994 ad Amsterdam, con circa

2000 visitatori da Europa ed USA: "Le ferrovie europee del 21° secolo", Conduzione Vicepresidente UEEIV Dr. Ing. A. SEMRAU Relazione introduttiva di E. SCHOUPE, Presidente GEB.

- 4° Congresso, dal 3 al 5 novembre 1995 a Verona, con nuovamente più di 2000 visitatori: "Le ferrovie europee nel sistema dei trasporti del 21° secolo". Conduzione Presidente UEEIV Dr. Ing. A. SEMRAU (Fig. 7). Relazioni introduttive Prof. Dr. O. HAHN, Commissione Trasporti EU, A. L. NECCI, Presidente dell'UIC e M. WALRAVE, Direttore Generale dell'UIC.
- 5° Congresso dal 21 al 24 maggio 1998 a Strasburgo con 500 partecipanti; "RAIL 21 Le ferrovie europee nel sistema dei trasporti del 21° secolo. Innovazioni-tecnologie-prospettive". Conduzione Presidente UEEIV Dott. Ing. A. LAGANÀ (Fig. 8). Relazioni introduttive G. HANREICH, Direttore trasporto terrestre EU, H. de MESNIL, Ministero dei trasporti francese, e L. GALLOIS Presidente di SNCF.
- 6° Congresso dal 12 al 14 giugno 2001 a Strasburgo "RAIL 21". Conduzione Presidente UEEIV Dipl. Ing. C. BOUTTÉ. Relazioni introduttive M. CORSINI, Presidente UIC, L. GALLOIS Presidente SNCF,

H. STEFFEN Presidente di UNIFE e R. CHOVAN Segretario Generale OSShD (Organizzazione per la cooperazione delle ferrovie dell'Europa dell'est).

- 7° Congresso dall'8 al 10 giugno 2004 a Donostia-San Sebastián (Spagna) con 300 partecipanti da 25 paesi, "La ferrovia europea - come possono essere superate le frontiere". Conduzione Presidente UEEIV Dipl. Ing. H. SALZMANN (Fig. 9). Relazioni introduttive L. DE PALACIO, Vicepresidente della commissione EU e J. EVANS, Segretario Generale di EIM (European Rail Infrastructure Managers, associazione costituita nel 2002, a seguito della liberalizzazione del mercato ferroviario, per promuovere gli interessi di tutti i gestori di infrastrutture ferroviarie).
- 8° Congresso dal 7 all'8 marzo 2014 a Vienna, con 110 partecipanti da 14 nazioni europee "Utilizzare gli ingegneri ferroviari?". Conduzione Presidente UEEIV Prof. Dr. Ing. K. Rießberger (Fig. 10). Relazione introduttiva del Dr.



(Fonte – Source: Courtesy Dr. Ing. B. NEUMANN)

Figura 6 - Certificato EURAIL-ING.
Figure 6 - Certificate EURAIL-ING.



(Fonte – Source: Courtesy
Dr. Ing. B. NEUMANN)

Figura 7 - SEMRAU.
Figure 7 - SEMRAU.

G. TROCHE, Commissione europea D.G Mobilità e Trasporti.

L'UEEIV dal 14 maggio 2001 è inserita nel Railway Directory edito a Londra. Nel 2004 il Presidium decise di creare una piattaforma per il trasferimento del knowhow tra imprese di successo nel sistema ferroviario, con queste caratteristiche:

- consulenza aziendale su questio-



(Fonte – Source: Courtesy
Dr. Ing. B. NEUMANN)

Figura 8 - LAGANÀ.
Figure 8 - LAGANÀ.

ni rilevanti nel settore ferroviario e per una corretta concorrenza

- trattare questioni importanti in campo ferroviario in gruppi di lavoro e successivamente in seminari e conferenze
- attività di lobby per creare condizioni competitive eque e corrette.

Grazie agli stretti rapporti dei membri di UEEIV con molte imprese ed istituzioni a livello europeo ed all'interesse condiviso per una rinascita della ferrovia nel mercato concorrenziale con gli altri sistemi di trasporto, alle imprese interessate sarebbero stata offerta una consulenza commerciale e legale. Sugli aspetti cruciali nel settore ferroviario si sarebbero potute sviluppare strategie comuni e soluzioni. Il Presidium intendeva contribuire con questa piattaforma ad un aumento del successo del sistema ferrovia e di tutte le imprese e le istituzioni ad esso collegate. Nonostante un certo interesse espresso dal campo economico la piattaforma, che a lungo termine avrebbe dovuto operare su base volontaria, non poté essere attivata.

Sulla base della consapevolezza che un efficace trasporto nazionale ed internazionale delle persone e delle merci può essere gestito attraverso un adeguato coordinamento tra tutti gli operatori coinvolti, UEEIV è stata anche coinvolta nello sviluppo di nuove tecnologie ferroviarie. Ad esempio, insieme a VDEI e con il supporto del sistema industriale tedesco, ha organizzato nel giugno 2006 presso la commissione trasporti del parlamento europeo a Bruxelles, il convegno "Tecnologia europea nel campo della levitazione magnetica – A380 – Galileo – Transrapid". Alla 19° conferenza internazionale "MAGLEV 2006" presso l'università di Dresda, UEEIV fu presente con un intervento riguardante le possibilità ed i requisiti per una messa in servizio del Transrapid in Europa.

Per molti anni il Presidium ha informato le associazioni che fanno parte dell'Unione e gli ingegneri ad esse appartenenti con un report che tratta eventi e decisioni significativi



(Fonte – Source: Courtesy
Dr. Ing. B. NEUMANN)

Figura 9 - Ing. SALZMANN.
Figure 9 - Ing. SALZMANN.

nella vita dell'associazione nell'anno precedente.

Questa tradizione, interrotta per un certo periodo, è ripresa dal 2017 con la pubblicazione in una nuova forma editoriale dell'UNION REPORT (Fig. 11).

Nel 2015 l'assemblea generale a Salisburgo decise di ampliare il campo di applicazione della certificazione professionale con "Operatore di macchine per la costruzione e la manutenzione dell'armamento", corrispondendo ad un'attesa delle imprese.



(Fonte – Source: Courtesy
Dr. Ing. B. NEUMANN)

Figura 10 - Prof. Ing. RIEßBERGER.
Figure 10 - Prof. Ing. RIEßBERGER.

A inizio 2020 gli operatori certificati, dopo aver superato l'esame, sono 147 da 7 nazioni.

Ingegnere ferroviario sistemista Il fattore che ha motivato ciò è stata la consapevolezza delle ferrovie e delle università che sono sempre più carenti gli specialisti/ingegneri, in particolare quelli con una adeguata conoscenza del sistema.

Da allora le associazioni che fanno parte di UEEIV organizzano nei loro

paesi, in stretta collaborazione con il Presidium, seminari dedicati al tema "Systems engineering".

Successivamente viene adeguata ai nuovi compiti la struttura organizzativa della certificazione professionale e vengono create le basi per i processi di certificazione ed aggiornamento professionale degli ingegneri sistemisti.

Una particolare attenzione del Presidium è rivolta al supporto spe-

cialistico e sociale dei giovani ingegneri. Come organo operativo è stato costituito il "Network dei giovani ingegneri Europei". La sua attività è partita con successo in occasione della tradizionale conferenza DACH a Dornbirn (Austria) organizzata dalle tre associazioni di lingua tedesca.

Del Presidium eletto in occasione della dodicesima assemblea generale, tenutasi a Francoforte il 23 novembre 2018, fanno oggi parte (Fig. 12):

Presidente	F. HEIJNEN	VDEI/DE
Vicepresidente	M. GALABOV	NGSRTE/BG
Vicepresidente	M. KEHR	VDEI/DE
Vipresidente	B. KNOLL	ÖVG/AT
Tesoriere	V. BARBU	AIFR/RO
Segretario	D. WIRTH	GdI/CH
Consigliere	M. BROGLIA	CIFI/IT
Consigliere	A. CHOLEWA	SITK/PL
Consigliere	O. CRACIUN	AIFR/RO
Consigliere	R. SPOORS	PWI/UK
Consigliere	S. VUKMIROVIC	ZID/RS

Segretario generale è stato nominato R. WERMELINGER GdI/CH (*Corteisia Dott. Ing. B. Neumann - socio onorario UEEIV, ricevuto dalla Redazione di IF in data 1 settembre 2020*).

International: UEEIV, 30 years of activity

UEEIV (www.ueeiv.eu), of which the CIFI is part as a founding member, turns thirty this year; the Union now includes 11 national associations that bring together railway engineers from Austria, Bulgaria, Croatia, Germany, Italy, Poland, United Kingdom, Romania, Serbia, Slovakia and Switzerland.

The Union's firm belief is that every important new railway infrastructure must be coordinated by an independent and neutral systems engineer for a smooth development of the works. To this end, UEEIV offers support to all member associations in the organization of seminars and conferences to train engineers and promote the figure of the railway systems engineer at national level.

Union Europäischer Eisenbahn-Ingenieur-Verbände
Union of European Railway Engineer Associations
Union des Associations Européennes d'Ingénieurs Ferroviaires



2017

UNION REPORT



Editorial

Die UEEIV freut sich, Ihnen den Jahresbericht 2016 über ihre Aktivitäten und Pläne vorzustellen. Seit dem letzten Bericht ist vieles passiert, und wir halten es für wichtig, sowohl unsere Mitglieder und unterstützenden Firmen als auch unsere zertifizierten EURAIL-Ingenieure darüber zu informieren. Auch weil es eins unserer Ziele ist, Menschen und Organisationen dabei zu unterstützen, ihr technisches Wissen auszubauen und die Zusammenarbeit im Eisenbahnsektor in Europa zu stärken.

Zu diesem Zweck beschäftigen wir uns mit aktuellen Themen, die zu Seminaren und Konferenzen führen, die wir eigenständig oder auch gemeinsam mit mehreren unserer Mitgliedsverbände organisiert haben. Details zu diesen Aktivitäten finden Sie in diesem Bericht, wie auch Ankündigungen für kommende Ereignisse.

Als das Hauptthema für die Amtszeit des Präsidiums von 2014 bis 2018 haben wir „System Engineering“ gewählt. Damit soll klar definiert sein, dass unser Fokus auf dem Gesamtsystem Eisenbahn liegt - einem der kompliziertesten technisch-technologischen Systeme aufgrund seiner vielfältigen Disziplinen, die zum Bau und Betrieb der Eisenbahn benötigt werden, sowie seiner geographischen Ausdehnung.

Die zurzeit größte Herausforderung für die Eisenbahnen besteht darin, den Wissensstand zu erhalten, der durch das verstärkte Ausscheiden der Babyboomer-Generation wegzufallen droht, damit keine Wissenslücken entstehen, die mit großem Aufwand wieder gefüllt werden müssten. Und das nicht nur für jede einzelne Disziplin!

10. Hauptversammlung 2015 in Salzburg

Die UEEIV hat einen neuen Präsidenten

Am 14. September 2015 trat die Hauptversammlung zu ihrer turnusmäßigen Sitzung in Salzburg/AT zusammen. Schwerpunkte des Treffens der Vertreter der 16 Mitgliedsverbände aus 14 Ländern waren die Rechenschaftsberichte des Präsidiums und des Schatzmeisters, die Entlastung des Präsidiums, die Wahl des neuen Präsidiums, Beschlüsse über Änderungen der Satzung und anderer Regelwerke sowie über die Aufgaben der nächsten Jahre.

Themen:

- Editorial
- 10. Hauptversammlung 2015
- Seminar „Brauchen die Eisenbahnen Ingenieure?“ in Wien
- Resolution zum Nachwuchskräftemangel
- 1. Konferenz „Systems Engineering“ in Wien
- Konferenz „Feste Fahrbahn für Hochgeschwindigkeitsstrecken“ in Manchester
- Symposium „Weichentechnologien“ in Krakau
- Konferenz „Eisenbahntunnel“ in Vratsa, Bulgarien
- Präsidiumssitzung 4/2016 in Mailand
- Veranstaltungskalender 2017

Dezember 2016

Besonders wichtig ist es, den Überblick über das Gesamtsystem und die Interaktion zwischen den verschiedenen Technologien und Operationen beizubehalten, weil sich beispielsweise Entscheidungen im Bauprozess auf den späteren Betrieb und die Instandhaltung auswirken.

Der System-Ingenieur muss die Eisenbahn als Ganzes verstehen. Wir versuchen, dieses Verständnis in unseren Seminaren und Konferenzen zu vermitteln und zugleich ein weiteres Zertifizierungsprofil für den EURAIL-Ingenieur im Eisenbahnumfeld zu schaffen.

Wir freuen uns über jede Idee und mögliche Hilfe, die Sie uns anbieten können, um die Leistungsfähigkeit unserer Tätigkeiten zu verbessern. Vor allem aber hoffen wir, Sie bei unseren Seminaren und Konferenzen begrüßen zu können, wo wir auf einen regen Wissensaustausch hoffen.

Wir sind für Sie da.

Ir. Frans Heijnen, Präsident

(Fonte – Source: Courtesy Dr. Ing. B. NEUMANN)

Figura 11 - Union Report.

Figure 11 - Union Report.



(Fonte: Cortesia di Dr. Ing. B. NEUMANN – Source: Courtesy Dr. Ing. B. NEUMANN)

Figura 12 - Da sinistra: HEIJNEN, BARBU, WIRTH, KNOLL, GALABOV, KEHR, BROGLIA, CRACIUN, VUKMIROVIC, WERMELINGER.
Figure 12 - From Left: HEIJNEN, BARBU, WIRTH, KNOLL, GALABOV, KEHR, BROGLIA, CRACIUN, VUKMIROVIC, WERMELINGER.

• The origins and activity

In the late 1980s, Europe was politically changing. After the dissolution of the Eastern Bloc in 1989, the geopolitical situation in Europe changed profoundly. Many of the eastern nations freely broke away from socialist management of the state and the economy. But also, the railways underwent structural and economic changes, also due to the necessary separation between transport management and network management. This inevitably led to new challenges for railway engineers.

J. WINDSINGER, President of VDEI (Association of German Railway Engineers), thoroughbred railway worker and engineer, had the vision of how engineers could master this situation. VDEI's many years of experience in working with the railway engineering associations of the Netherlands (WWV), Great Britain and Ireland (PWI), Austria (ÖVG) and Italy (CIFI) gave him confidence that a wider European organization of railway engineers it could have achieved effective lobbying with the European Parliament (and later with the Commission), as well as with the UIC, and consequently influence the development of railways in Europe. With this perspective he also found support from VDEI sponsors, especially from

the companies Plasser & Theurer and Heitkamp.

The occasion for the founding of this umbrella association of European associations was the 19th International Fair of Track Maintenance Machines organized by VDEI in Zurich. The invitation to a cruise on Lake Zurich on May 8, 1990 was welcomed by 60 representatives of associations of railway engineers and railway administrations, as well as economic and scientific research, from 14 countries.

After a presentation on the organization and objectives of the association and an intense and substantially positive discussion by the representatives of the various associations, it was decided to set up an international body that would group them called Union Europäischer Eisenbahn-Ingenieur-Verbände UEEIV (Union of European Associations of Railway Engineers). By acclamation and unanimously it was temporarily entrusted to Eng. WINDSINGER of VDEI the presidency and management of the association.

To complete the meeting, a document was prepared for the Council of Ministers of the European Community, the European Parliament, the Eastern European Council for Economic Cooperation (RGW) and the govern-

ments and railway administrations of 18 nations, entitled: "With new railway technologies, modern transport systems in Europe". The responses received were decidedly positive.

The first general assembly was held in Berlin on 6 June 1991. The first version of the statute was approved and the Presidium and the members of the Kuratorium (Advisory Committee) were elected (Fig. 3).

Presidium:

Ing. N. KOORN	President WWV-NL
Ing. W. RAMING	Vice President ÖVG-AT
Dr. Ing. A. SEMRA	Vice President SITK-PL
Dipl. Ing. R. DANUSER	Treasurer GdI-CH
Dr. Ing. B. NEUMANN	Secretary VDEI-DE
Dipl. Ing. J. WINDSINGER	Secretary General VDEI-DE

Kuratorium:

Dr. W. DOLLINGER	President-DE
Dr. K. EICHINGER	Plasser & Theurer-AT
Prof. Dr. Ing. E. KERKAPOLY	UVG-HU
Prof. Dr. G. R. CORAZZA	CIFI-IT

Prof. Dr. R. JAWORSK ÖVG-AT
Ing. K. U. HEITKAMP DE
Dipl. Ing. J. BOULEY UIC-FR

The second general assembly was held in Berlin on 8 September 1992.

At that time, it was decided to register UEEIV as an association under German law in the register of the Court of Frankfurt am Main. Registration took place on January 18, 1994. The Presidium members were confirmed in their roles and PWI-UK engineer Jon B. Pitts was elected as the third vice president.

The assembly took place as part of the second international congress on transport and railways policies "Leistungsfähige Eisenbahnen in Europe" (Fig. 4). The event was attended with great interest by 1000 engineers from 21 European nations and also from Asia, including senior representatives of governments and railways.

The main aspects dealt with by the Presidium in the following years were the acquisition of ordinary members and supporters to consolidate the activity of the association, the launch of a lobbying action at the European parliament and the Commission through the Belgian associate URPIC, as well as the organization of international congresses on transport and professional policy, specialist conferences and seminars.

A first significant moment of this work was certainly the participation in the "Reconstruction of the European railway connection between Kaliningrad and Berlin" with gauge 1435 mm. On this occasion, the German companies benefited from UEEIV's contacts with the Russian Ministry of Railways and the top management of the railways. On a 1.3 km section, Y traverses were used for the first time in Eastern Europe. In May 1993, the line entered service with worldwide resonance.

Following a decision by the Presidium, in 1994 a working group was formed (Fig. 5) to identify the basic aspects, not clear even in the sector, which defined the professionalism of the railway engineer. The coordination

of the group was assumed by Prof. CORAZZA.

Years later this working group gave rise to the idea of assigning the title EURAIL-ING to engineers who corresponded to the definition, through a certificate according to DIN EN 17024 (Fig. 6).

A certificate of their qualifications is thus offered to the engineers. In addition, professional mobility in Europe is also facilitated. At the beginning of 2020 there are 449 certified engineers from 21 countries.

Subsequent efforts to introduce, based on the certificate, a European professional certificate for railway engineers according to the 2005/36/EG guidelines remained unsuccessful as the legal requirements for this professional group have not yet been created.

UEEIV has achieved international recognition thanks to its congresses, which also include exhibitions and specialist technical visits:

- 3rd Congress, from 19 to 21 April 1994 in Amsterdam, with about 2000 visitors from Europe and the USA: "The European railways of the 21st century", Conducted by UEEIV Vice President Dr. Ing. A. SEMRAU Introductory report by E. SCHOUPE, GEB President.
- 4th Congress, from 3 to 5 November 1995 in Verona, with more than 2000 visitors again: "European railways in the transport system of the 21st century". Conducted by UEEIV President Dr. Ing. A. SEMRAU (Fig. 7). Introductory reports Prof. Dr. O. HAHN, EU Transport Commission, A. L. NECCI, President of UIC and M. WALRAVE, General Manager of UIC.
- 5th Congress from 21 to 24 May 1998 in Strasbourg with 500 participants; "RAIL 21 European railways in the 21st century transport system. Innovations-technologies-perspectives ". Conducted by UEEIV President Dr. Ing. A. LAGANÀ (Fig. 8). Introductory reports G. HANREICH, Director of EU Land Transport, H. de MESNIL, French Ministry of Transport, and L. GALLOIS President of SNCF.

➤ 6th Congress from 12 to 14 June 2001 in Strasbourg "RAIL 21". Management President UEEIV Dipl. Ing. C. BOUTTÉ. Introductory reports M. CORSINI, UIC President, L. GALLOIS SNCF President, H. STEFFEN President of UNIFE and R. CHOVAN Secretary General OS-ShD (Organization for the cooperation of Eastern European railways).

➤ 7th Congress from 8 to 10 June 2004 in Donostia-San Sebastián (Spain) with 300 participants from 25 countries, "The European railway - how borders can be crossed". Management President UEEIV Dipl. Ing. H. SALZMANN (Fig. 9). Introductory reports L. DE PALACIO, Vice-President of the EU Commission and J. EVANS, Secretary General of EIM (European Rail Infrastructure Managers, an association established in 2002, following the liberalization of the railway market, to promote the interests of all railway infrastructure managers).

➤ 8th Congress from 7 to 8 March 2014 in Vienna, with 110 participants from 14 European countries "Use railway engineers?". Conducted by UEEIV President Prof. Dr. Ing. K. RIESSBERGER (Fig. 10). Introductory report by Dr. G. TROCHE, European Commission D.G Mobility and Transport.

The UEEIV since May 14, 2001 is included in the Railway Directory published in London. In 2004 the Presidium decided to create a platform for the transfer of know-how between successful companies in the railway system, with these characteristics:

- business consultancy on relevant issues in the railway sector and for fair competition
- to deal with important railway issues in working groups and subsequently in seminars and conferences lobbying to create fair and fair competitive conditions.

Thanks to the close relationships of UEEIV members with many companies and institutions at European level and to the shared interest in a rebirth of

the railway in the competitive market with other transport systems, the companies concerned would be offered commercial and legal advice. On the crucial aspects in the railway sector, common strategies and solutions could have been developed. The Presidium intended to contribute with this platform to an increase in the success of the railway system and of all the companies and institutions connected to it. Despite a certain interest expressed by the economic field, the platform, which in the long term should have operated on a voluntary basis, could not be activated.

Based on the awareness that effective national and international transport of people and goods can be managed through adequate coordination between all the operators involved, UEEIV has also been involved in the development of new railway technologies. For example, together with VDEI and with the support of the German industrial system, it organized in June 2006 at the transport committee of the European Parliament in Brussels, the conference "European technology in the field of magnetic levitation - A380 - Galileo - Transrapid". International Conference "MAGLEV 2006" at the University of Dresden, UEEIV was present with a speech on the possibilities and requirements for a commissioning of the Transrapid in Europe.

For many years the Presidium has informed the associations that are part of the Union and the engineers belonging to them with a report that deals with significant events and decisions in the life of the association in the previous year.

This tradition, interrupted for a certain period, is resumed in 2017 with the publication of the UNION REPORT in a new editorial form (Fig. 11).

In 2015, the general assembly in Salzburg decided to expand the scope of professional certification with "Operator of machinery for the construction and maintenance of armaments", corresponding to an expectation of companies.

At the beginning of 2020 the certified operators, after passing the exam, are 147 from 7 countries. "Systems

railway engineer". The factor that motivated this was the awareness of railways and universities that specialists/engineers are increasingly lacking, especially those with adequate knowledge of the system.

Since then, the associations that are part of UEEIV have organized in their countries, in close collaboration with the Presidium, seminars dedicated to the theme "Systems engineering".

Subsequently, the organizational structure of the professional certification is adapted to the new tasks and the foundations are created for the certification and professional updating processes of the systems engineers.

The Presidium pays attention to the specialist and social support of young engineers. The "Network of young European engineers" was set up as an operational body. Its activity started successfully at the traditional DACH conference in Dornbirn (Austria) organized by the three German-speaking associations.

The following members of the Presidium elected when the twelfth general assembly, held in Frankfurt on November 23, 2018, are today (Fig. 12):

President	F. HEIJNEN	VDEI/DE
Vice President	M. GALABOV	NGSRTE/BG
Vice President	M. KEHR	VDEI/DE
Vipresident	B. KNOLL	ÖVG/AT
Treasurer	V. BARBU	AIFR/RO
Secretary	D. WIRTH	GdI/CH
Director	M. BROGLIA	CIFI/IT
Director	A. CHOLEWA	SITK/PL
Director	O. CRACIUN	AIFR/RO
Director	R. SPOORS	PWI/UK
Director	S. VUKMIROVIC	ZID/RS

R. WERMELINGER GdI/CH was appointed Secretary General (Courtesy Dr. Ing. B. Neumann - honorary member UEEIV, sent to IF Editorial Board on September 17h, 2020).

Uruguay: Ferrocarril Central, completata la consulenza di FS

FS International ha terminato con successo l'incarico di consulenza tecnica per l'ammodernamento della

linea Ferrocarril Central in Uruguay, in qualità di auditor del progetto esecutivo. Dopo l'intensa attività avviata a marzo 2020, è stata presentata la relazione finale al Ministero dei Trasporti e dei Lavori Pubblici uruguayano.

È il consorzio Grupo Vía Central, formato dalle società locali Saceem e Berkes, dalla spagnola Sacyr e dalla francese NGE, che sta realizzando il potenziamento del corridoio lungo 273 km tra il porto di Montevideo e Paso de los Toros. Questi lavori rientrano nell'ambito di un contratto di Partenariato Pubblico-Privato (PPP) assegnato lo scorso anno per la progettazione, il finanziamento, la costruzione e la manutenzione della linea per 18 anni.

Nonostante gli ostacoli operativi dovuti alla pandemia Covid-19, FS International ha condotto le attività nel pieno rispetto dei termini contrattuali, coordinando un team locale a Montevideo e un pool di esperti presso il quartier generale di Roma, inclusi gli specialisti di Rete Ferroviaria Italiana (RFI). "Siamo molto orgogliosi di aver contribuito a un progetto di grande rilevanza strategica con l'esperienza maturata in 180 anni di storia ferroviaria italiana", conferma F. SCOTTI, Amministratore Delegato di FS International. "Consideriamo il nostro successo in Uruguay particolarmente importante in questo periodo di crisi globale, e guardiamo avanti con la prospettiva di sviluppare il business di FS International nell'area" (Comunicato Stampa Gruppo FSI, 3 settembre 2020).

Uruguay: Ferrocarril Central, FS consultancy completed

FS International has successfully completed the technical consultancy assignment for the modernization of the Ferrocarril Central line in Uruguay, as an auditor of the executive project. After the intense activity started in March 2020, the final report was presented to the Uruguayan Ministry of Transport and Public Works.

It is the Grupo Vía Central consortium, formed by the local companies

Saceem and Berkes, the Spanish Sacyr and the French NGE, which is carrying out the upgrading of the 273 km long corridor between the port of Montevideo and Paso de los Toros. These works are part of a Public-Private Partnership (PPP) contract awarded last year for the design, financing, construction and maintenance of the line for 18 years.

Despite the operational obstacles due to the Covid-19 pandemic, FS International conducted its activities in full compliance with the contractual terms, coordinating a local team in Montevideo and a pool of experts at the headquarters in Rome, including the specialists of Rete Ferroviaria Italiana (RFI). "We are very proud to have contributed to a project of great

strategic importance with the experience gained in 180 years of Italian railway history", confirms F. SCOTTI, CEO of FS International. "We consider our success in Uruguay particularly important in this period of global crisis, and we look forward with the prospect of developing FS International's business in the area" (FSI Group Press Release, 3 September 2020).



CONDIZIONI DI ABBONAMENTO A IF - INGEGNERIA FERROVIARIA ANNO 2020

(Gli Abbonati possono decidere di ricevere IF - Ingegneria Ferroviaria online)

Prezzi IVA inclusa [€/anno]	Cartaceo	Online
- Ordinari	60,00	50,00
- Per il personale non ingegnere del Ministero delle Infrastrutture, e dei Trasporti, delle Ferrovie e Tranvie in concessione e Pensionati FS	45,00	35,00
- Studenti (allegare certificato di frequenza Università) ^(*) - (copia rivista online)		25,00
- Eestero	180,00	50,00

() Gli studenti, dopo i 3 anni di iscrizione gratuita come nuovi associati, fino al compimento del 28° anno di età, possono iscriversi al CIFI quali Soci Juniores con una quota annua di € 25,00 che include l'invio online delle Riviste "IF - Ingegneria Ferroviaria" e "la Tecnica Professionale".*

I pagamenti possono essere effettuati (specificando la causale del versamento) tramite:

- CCP **31569007** intestato al CIFI - Via G. Giolitti, 48 - 00185 Roma;
- bonifico bancario sul c/c n. 000101180047 - Unicredit Roma, Ag. Roma Orlando - Via Vittorio Emanuele Orlando, 70 - 00185 Roma. IBAN IT29U0200805203000101180047 - BIC: UNCRITM1704;
- pagamento online, collegandosi al sito www.cifi.it;
- in contanti o tramite Carta Bancomat.

Il rinnovo degli abbonamenti dovrà essere effettuato entro e non oltre il 31 marzo dell'annata richiesta. Se entro suddetta data non sarà pervenuto l'ordine di rinnovo, l'abbonamento verrà sospeso.

Per gli abbonamenti sottoscritti dopo tale data, le spese postali per la spedizione dei numeri arretrati saranno a carico del richiedente.

Per ulteriori informazioni: Redazione Ingegneria Ferroviaria - tel. 06.4827116 - E mail: redazioneif@cifi.it

RICHIESTA FASCICOLI ARRETRATI ED ESTRATTI

Prezzi IVA inclusa

Un fascicolo **€ 8,00**; doppio o speciale **€ 16,00**; un fascicolo arretrato: *Italia* **€ 16,00**; *Eestero* **€ 20,00**.

Estratto di un singolo articolo apparso su un numero arretrato **€ 9,50**.

I versamenti, anticipati, potranno essere eseguiti nelle medesime modalità previste per gli abbonamenti.

TERMS OF SUBSCRIPTION TO IF - INGEGNERIA FERROVIARIA YEAR 2020

(The subscriber can decide to receive IF - Ingegneria Ferroviaria online)

Price including VAT	Paper	Online
- Normal (Italy)	60.00	50.00
- Infrastructure and Transport Ministry staff, local railways staff, retired FSI staff	45.00	35.00
- Students (University attesting documentation required) ^(*) - (online version of IF journal)		25.00
- Foreign countries	180.00	50.00

() After 3 years of free association, students younger than 28 can enroll as CIFI Junior Associates with a yearly rate of € 25.00, which includes the online "IF - Ingegneria Ferroviaria" and "la Tecnica Professionale" subscription.*

The payment can be performed (specifying the motivation) by:

- CCP **31569007** to CIFI - Via G. Giolitti, 48 - 00185 Roma;
- Bank transfer on account n. 000101180047 - UNICREDIT Roma, Ag. Roma Orlando - Via Vittorio Emanuele Orlando, 70 - 00185 Roma. IBAN: IT29U0200805203000101180047 - BIC: UNCRITM1704;
- Online, on the website www.cifi.it;
- Cash or by Debit Card.

The renewal of the subscription must be performed within March 31st of the concerned year. In case of lack of renewal after this date, the subscription will be suspended.

For further information you can contact: Redazione Ingegneria Ferroviaria - Ph: +39.06.4827116 - E mail: redazioneif@cifi.it

PURCHASE OF OLD ISSUES AND ARTICLES

Price including VAT

Single Issue **€ 8,00**; Double or Special Issue **€ 16,00**; Old Issue: *Italy* **€ 16,00**; *Foreign Countries* **€ 20,00**.

Single article **€ 9.50**.

The payment, anticipated, may be performed according to the same procedures applied for subscriptions.

RELE' SERIE FERROVIA



CONFORMI

EN61810-1 | EN61810-3 | EN61810-7
EN60077 | EN50155 | EN61373 | EN45545-2



I relè con contatti a guida forzata sono utilizzati nei circuiti di sicurezza.

Un contatto NO non potrà mai assumere lo stesso stato di un contatto NC.

contatti a

GUIDA FORZATA

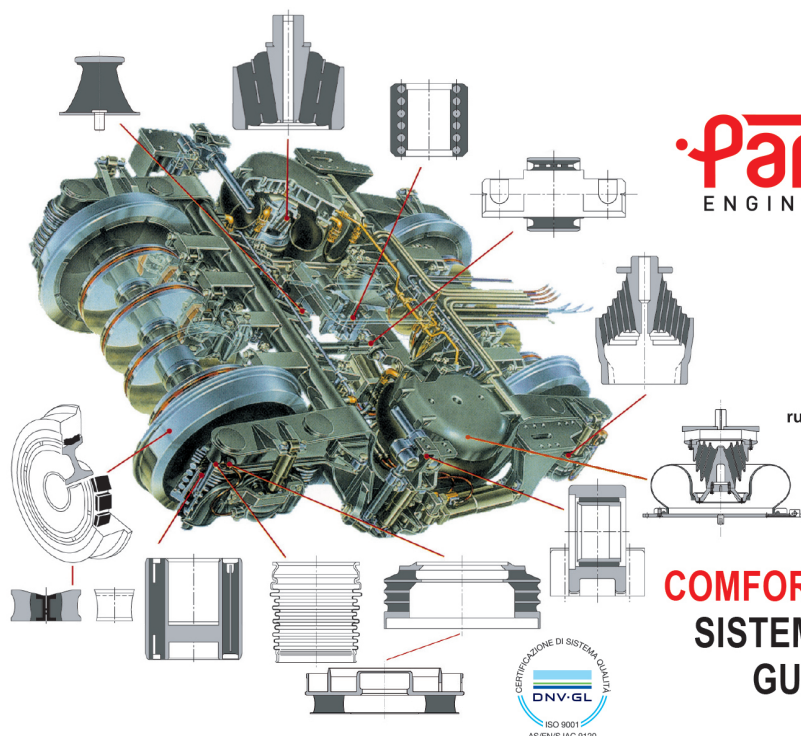
per applicazioni di sicurezza



CONFORMI

EN61810-3 Tipo A

Tel. 039 2457545 | info@amra-chauvin-arnoux.it | www.amra-chauvin-arnoux.it



Pantecnica
ENGINEERED SOLUTIONS

DIVISIONE

GMT

IRIS
Certification

rules: 2017 and based on
ISO/TS 22163:2017

COMFORT e AFFIDABILITA'
SISTEMI ANTIVIBRANTI
GUMMIMETALL®



Via Magenta, 77/14A - 20017 Rho (Mi) Tel. 02.93261020 - Email: info@pantecnica.it - www.pantecnica.it

Elenco di tutte le Pubblicazioni CIFI

1 – TESTI SPECIFICI DI CULTURA PROFESSIONALE

1.1 – Cultura Professionale - Trazione Ferroviaria

1.1.2	E. PRINCIPE – “Impianti di climatizzazione delle carrozze FS”	€ 10,00
1.1.4	E. PRINCIPE – “Convertitori statici sulle carrozze FS” (ristampa)	€ 15,00
1.1.6	E. PRINCIPE – “Impianti di riscaldamento ad aria soffiata” (Vol. 1° e 2°)	€ 20,00
1.1.8	G. PIRO-G. VICUNA – “Il materiale rotabile motore”	€ 20,00
1.1.10	A. MATRICARDI - A. TAGLIAFERRI – “Nozioni sul freno ferroviario”	€ 15,00
1.1.11	V. MALARA – “Apparecchiature di sicurezza per il personale di condotta”	€ 30,00
1.1.12	G. PIRO – “Cenni sui sistemi di trasporto terrestri a levitazione magnetica”	€ 15,00

1.2 – Cultura Professionale - Armamento ferroviario

1.2.3	L. CORVINO – “Riparazione delle rotaie ed apparecchi del binario mediante la saldatura elettrica ad arco” (Vol. 6°)	€ 15,00
-------	---	---------

1.3 – Cultura Professionale - Impianti Elettrici Ferroviari

1.3.4.	P.E. DEBARBIERI - F. VALDAMBRINI - E. ANTONELLI - “A.C.E.I. telecomandati per linee a semplice binario” (Quaderno 12)	esaurito
1.3.5	V. FINZI – G. CERULLO - B. COSTA - E. ANTONELLI - N. FORMICOLA - “A.C.E.I. nuova serie” (Quaderno 13)	esaurito
1.3.10	V. FINZI – “Impianti di sicurezza: Apparecchiature” (Vol. 4° - parte I)	esaurito
1.3.16	A. FUMI – “La gestione degli Impianti Elettrici Ferroviari”	€ 35,00
1.3.17	U. ZEPPA – “Impianti di Sicurezza - Gestione guasti e lavori di manutenzione”	€ 30,00
1.3.18	V. VALFRÈ – “Il segnalamento di manovra nella impiantistica FS”	esaurito

2 – TESTI GENERALI DI FORMAZIONE ED AGGIORNAMENTO

2.1	G. VICUNA – “Organizzazione e tecnica ferroviaria” (in attesa di nuova edizione)	
2.2	L. MAYER – “Impianti ferroviari – Tecnica ed Esercizio” (Nuova edizione a cura di P.L. GUIDA-E. MILIZIA)	€ 50,00
2.3	P. DE PALATIS – “Regolamenti e sicurezza della circolazione ferroviaria”	€ 25,00
2.5	G. BONO-C. FOCACCI-S. LANNI – “La Sovrastruttura Ferroviaria” (in attesa di nuova edizione)	
2.6	G. Bonora-L. FOCACCI – “Funzionalità e Progettazione degli Impianti Ferroviari”	esaurito
2.7.	L. Franceschini - A. Garofalo - R. Marini - V. Rizzo – “Elementi generali dell’esercizio ferroviario” 2° Edizione	€ 40,00

2.8	P.L. GUIDA-E. MILIZIA – “Dizionario Ferroviario – Movimento, Circolazione, Impianti di Segnalamento e Sicurezza”	€ 35,00
2.9	P. DE PALATIS – “L’avvenire della sicurezza – Esperienze e prospettive”	€ 20,00
2.10	AUTORI VARI – “Principi ed applicazioni pratiche di Energy Management”	€ 25,00
2.12	R. PANAGIN – “Costruzione del veicolo ferroviario”	€ 40,00
2.13	F. SENESI-E. MARZILLI – “Sistema ETCS Sviluppo e messa in esercizio in Italia”	€ 40,00
2.14	AUTORI VARI – “Storia e Tecnica Ferroviaria – 100 anni di Ferrovie dello Stato”	€ 50,00
2.15	F. SENESI – E. MARZILLI – “ETCS, Development and implementation in Italy (English ed.)”	€ 60,00
2.16	E. PRINCIPE – “Il veicolo ferroviario - carrozze e carri” ...	€ 20,00
2.18	B. CIRILLO – L.C. COMASTRI – P.L. GUIDA – A. VENTIMIGLIA “L’Alta Velocità Ferroviaria”	€ 40,00
2.19	E. PRINCIPE – “Il veicolo ferroviario - carri”	€ 30,00
2.20	L. LUCCINI – “Infortuni: Un’esperienza per capire e prevenire”	€ 7,00
2.21	AUTORI VARI – “Quali velocità quale città. AV e i nuovi scenari territoriali e ambientali in Europa e in Italia”	€ 150,00
2.22	G. ACQUARO – “I Sistemi di Gestione della Sicurezza Ferroviaria”	€ 25,00
2.23	F. CIUFFINI – “Orario Ferroviario - Integrazione e Connettività”	€ 30,00
2.24	G. ACQUARO – “La Sicurezza Ferroviaria – Principi, approcci e metodi nelle norme nazionali ed europee”	€ 25,00

3 – TESTI DI CARATTERE STORICO

3.1.	G. PAVONE – “Riccardo Bianchi: una vita per le Ferrovie Italiane”	€ 15,00
3.2.	E. PRINCIPE – “Le carrozze italiane”	€ 50,00
3.3.	G. PALAZZOLO (in Cd-Rom) – “Cento Anni per la Sicilia”	€ 6,00
3.5.	AUTORI VARI – La Museografia Ferroviaria e il museo di Pietrarsa	€ 12,00
3.6	Ristampa a cura del CIFI del Volume “La Stazione Centrale di Milano ed. 1931”	esaurito
3.7	M. Gerlini – P. Mori – R. Paiella – “Architettura e progetti delle Stazioni Italiane dall’Ottocento all’Alta Velocità”	esaurito

4 – ATTI CONVEGNI

4.4.	ROMA – “Next Station”, bilingue italo inglese (3-4 febbraio 2005)	€ 40,00
4.8.	ROMA – “Stazioni ferroviarie italiane - qualità, funzionalità, architettura” (4 luglio 2007)	esaurito
4.9.	BARI – DVD “Stato dell’arte e nuove progettualità per la rete ferroviaria pugliese” (6 giugno 2008)	€ 15,00
4.10.	BARI – 2 DVD Convegno “Il sistema integrato dei trasporti nell’area del mediterraneo” (18 giugno 2010)	€ 25,00

5 – ALTRO

5.1. Annuario Ferroviario 2020 (spese postali gratuite) € 20,00

6 – TESTI ALTRI EDITORI

6.1. V. FINZI (ed. Coedit) – “Impianti di sicurezza”
parte II..... esaurito

6.2. V. FINZI (ed. Coedit) – “Trazione elettrica. Le linee
primarie e sottostazioni” esaurito

6.3. V. FINZI (ed. Coedit) – “Trazione elettrica.
Linee di contatto” esaurito

6.4. C. ZENATO (ed. Etr) – “Segnali alti FS
permanentemente luminosi” € 29,90

6.5. E. PRINCIPE (ed. Veneta) – “Treni italiani con
carrozze a media distanza” esaurito

6.6. E. PRINCIPE (ed. Veneta) – “Treni italiani con
carrozze a due piani” € 28,00

6.7. E. PRINCIPE (ed. La Serenissima) – “Treni italiani
Eurostar City Italia” € 35,00

6.8. E. PRINCIPE (ed. Veneta) – “Treni italiani ETR 500
Frecciarossa” esaurito

6.9. V. FINZI (ed. Coedit) – “I miei 50 anni in ferrovia” € 20,00

6.62. C. e G. MIGLIORINI (ed. Pegaso) “In treno sui luoghi
della grande guerra” € 14,00

6.63. PL. GUIDA (ed. Franco Angeli) “Il Project
Management - la Norma UNI ISO 21500” € 45,00

6.64. G. MAGENTA (ed. Gaspari) “L'Italia in treno” € 29,00

6.65. A. CARPIGNANO “La Locomotiva a vapore (Viaggio
tra tecnica e condotta di un Mezzo di ieri)”
2° Edizione - L'Artistica Editrice Savigliano (CN) € 70,00

6.66. A. CARPIGNANO “Meccanica dei trasporti
ferroviari e Tecnica delle Locomotive”
3° Edizione € 60,00

6.67. C. e G. MIGLIORINI (ed. Pegaso) “In treno sui luoghi
della Seconda Guerra Mondiale” € 15,00

N.B.: I prezzi indicati sono comprensivi dell'I.V.A. Gli acquisti delle pubblicazioni, con pagamento anticipato, possono essere effettuati mediante versamento sul conto corrente postale 31569007 intestato al Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani, Via Giolitti, 48 - 00185 Roma o tramite bonifico bancario: UNICREDIT - AGENZIA ROMA ORLANDO - VIA V. EMANUELE, 70 - 00185 ROMA - IBAN: IT29U0200805203000101180047. Nella causale del versamento si prega indicare: “Acquisto pubblicazioni”. La ricevuta del versamento dovrà essere inviata unitamente al modulo sottoindicato. Per spedizioni l'importo del versamento dovrà essere aumentato del 10% per spese postali.

Sconto del 20% per i soci CIFI (individuali, collettivi e loro dipendenti)

Sconto del 15% per gli studenti universitari - Sconto alle librerie: 25%

Sconto del 10% per gli abbonati alle riviste *La Tecnica Professionale* e *Ingegneria Ferroviaria*

Modulo per la richiesta dei volumi

(da compilare e inviare per posta ordinaria o via e-mail o via fax unitamente alla ricevuta di versamento)

I volumi possono essere acquistati anche on line tramite il sito www.cifi.it

Richiedente: (Cognome e Nome)

Indirizzo: Telefono:

P.I.V.A./C.F.: (l'inserimento di Partita IVA o C. Fiscale è obbligatorio)

Conferma con il presente l'ordine d'acquisto per:

n. (in lettere) copie del volume:

n. (in lettere) copie del volume:

n. (in lettere) copie del volume:

La consegna dovrà avvenire al seguente indirizzo:

.....

Data.....

Si allega la ricevuta del versamento

Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani (P.I. 00929941003)

Via Giolitti, 48 - 00185 Roma - Tel. 06/4882129-06/4742986 - Fs 970/66825 - Fax 06/4742987 e-mail: info@cifi.it - biblioteca@cifi.it

La qualità è il nostro viaggio quotidiano.



ISOTRACK

la divisione trasporti di ISOIL Industria Spa, con la sua gamma di Prodotti e Servizi offre **soluzioni di qualità**, e da oltre vent'anni è protagonista nei più importanti progetti ferroviari.

LE NOSTRE APPLICAZIONI

- Treni ad Alta Velocità, Regionali e Mezzi d'Opera;
- Trasporto urbano su rotaia (metropolitane e tram) e su gomma (autobus);
- Sistemi di sicurezza a bordo dei veicoli fino a SIL4.

SERVIZI DI QUALITÀ

- Riparazione qualificata della nostra strumentazione;
- Aggiornamento firmware dei display da banco;
- Qualifica dei prodotti per sistemi Ready-to-Use;
- Supporto e consulenza per applicazioni specifiche.



www.isoil.it

ISOIL Industria Spa
Cinisello Balsamo - Milano (Italy)
Via Fratelli Gracchi, 27
tel. +39 0266027.1 - fax +39 026123202
isotrack@isoil.it

ISOIL
INDUSTRIA
Le soluzioni che contano

IL SEGNALEMENTO DI MANOVRA NELLA IMPIANTISTICA FS STANDARD FUNZIONALI E APPLICAZIONE CONVENZIONALE

Con questo volume il CIFI intende colmare la lacuna relativa alla mancanza nella letteratura di testi sul segnalamento di manovra, spesso considerato complementare al segnalamento "alto" pur non essendo meno importante.

Questo primo volume sugli apparati convenzionali, insieme al secondo in preparazione sugli apparati statici, è indirizzato ai progettisti del segnalamento e ai cultori di impianti ferroviari che vi troveranno una completa "biblioteca" storica e tecnica in materia, per il numero e l'eshaustività degli argomenti trattati.

Contenuti del libro: standard del segnalamento di manovra; la logica circuitale; piani schematici di riferimento; tabelle delle condizioni; circuiti elettrici; condizioni operative.

296 pagine in formato A4, ricco di schemi e circuiti. Prezzo di copertina € 30,00. Per sconti, spese di spedizione e modalità di acquisto consultare la pagina "Elenco di tutte le pubblicazioni CIFI" sempre presente nella Rivista.



INDICE PER ARGOMENTO

- 1 – CORPO STRADALE, GALLERIE, PONTI, OPERE CIVILI
- 2 – ARMAMENTO E SUOI COMPONENTI
- 3 – MANUTENZIONE E CONTROLLO DELLA VIA

- 4 – VETTURE
- 5 – CARRI
- 6 – VEICOLI SPECIALI
- 7 – COMPONENTI DEI ROTABILI

- 8 – LOCOMOTIVE ELETTRICHE
- 9 – ELETTROTRENI DI LINEA
- 10 – ELETTROTRENI SUBURBANI E METRO
- 11 – AZIONAMENTI ELETTRICI E MOTORI DI TRAZIONE
- 12 – CAPTAZIONE DELLA CORRENTE E PANTOGRAFI
- 13 – TRENI, AUTOMOTRICI E LOCOMOTIVE DIESEL
- 14 – TRASMISSIONI MECCANICHE E IDRAULICHE
- 15 – DINAMICA, STABILITÀ DI MARCIA, PRESTAZIONI, SPERIMENTAZIONE

- 16 – MANUTENZIONE, AFFIDABILITÀ E GESTIONE DEL MATERIALE ROTABILE
- 17 – OFFICINE E DEPOSITI, IMPIANTI SPECIALI DEL MATERIALE ROTABILE

- 18 – IMPIANTI DI SEGNALEMENTO E CONTROLLO DELLA CIRCOLAZIONE - COMPONENTI
- 19 – SICUREZZA DELL'ESERCIZIO FERROVIARIO
- 20 – CIRCOLAZIONE DEI TRENI

- 21 – IMPIANTI DI STAZIONE E NODALE E LORO ESERCIZIO
- 22 – FABBRICATI VIAGGIATORI
- 23 – IMPIANTI PER SERVIZIO MERCI E LORO ESERCIZIO

- 24 – IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA

- 25 – METROPOLITANE, SUBURBANE
- 26 – TRAM E TRAMVIE

- 27 – POLITICA ED ECONOMIA DEI TRASPORTI, TARIFFE
- 28 – FERROVIE ITALIANE ED ESTERE
- 29 – TRASPORTI NON CONVENZIONALI
- 30 – TRASPORTI MERCI
- 31 – TRASPORTO VIAGGIATORI
- 32 – TRASPORTO LOCALE
- 33 – PERSONALE

- 34 – FRENI E FRENATURA
- 35 – TELECOMUNICAZIONI
- 36 – PROTEZIONE DELL'AMBIENTE
- 37 – CONVEGNI E CONGRESSI
- 38 – CIFI
- 39 – INCIDENTI FERROVIARI
- 40 – STORIA DELLE FERROVIE
- 41 – VARIE

I lettori che desiderano fotocopie delle pubblicazioni citate in questa rubrica, e per le quali è autorizzata la riproduzione, possono farne richiesta al *CIFI* - Via Giolitti, 48 - 00185 ROMA. Prezzo forfettario delle riproduzioni: - € 6,00 fino a quattro facciate e € 0,50 per facciata in più, oltre le spese postali ed IVA. Spedizione in porto assegnato. Si eseguono ricerche bibliografiche su argomenti a richiesta, al prezzo di € 6,00 per un articolo segnalato e € 2,00 per ogni copia in più dello stesso articolo, oltre le spese postali ed IVA.

Tutte le riviste citate in questa rubrica sono consultabili presso la Biblioteca del *CIFI* - Via Giolitti, 48 - 00185 ROMA - Tel. 0647306454; FS (970) 66454 – Segreteria: Tel. 064882129.

NUOVA EDIZIONE DEL CIFI

Francesca CIUFFINI
ORARIO FERROVIARIO
Integrazione e connettività

L'orario è l'essenza dei trasporti di linea e pertanto anche del trasporto ferroviario, con un elemento specifico, quello del vincolo di natura infrastrutturale, che rende maggiormente complessa la sua progettazione rispetto a quella di altri sistemi.

L'orario è il prodotto che viene offerto e venduto dal sistema nel suo insieme, il catalogo commerciale dei servizi di trasporto offerti dalle imprese ferroviarie, ma anche lo strumento di organizzazione industriale, sia del trasporto che dell'infrastruttura. Ad esso sono collegati quindi aspetti sia commerciali che produttivi, connessi con l'attrattività dei servizi e con l'organizzazione industriale di operatori e gestore della rete.

Esso riveste un'importanza strategica, in quanto intorno ad esso ruotano costi e ricavi delle aziende, efficienza economica e redditività. E soprattutto la soddisfazione dei viaggiatori, che potranno decidere se servirsi o meno del treno, sicuramente in base al prezzo ma anche in base a quanto l'orario risponda alle proprie esigenze di spostamento e sia ritenuto affidabile.

Il libro ha l'obiettivo di mostrare perché l'orario è importante e a che cosa serve, come funziona, chi lo decide e come si può costruire.

Particolare rilievo è dato all'aspetto della connettività e dell'integrazione dei servizi a questa finalizzata. Un'integrazione sia interna al ferro che con le altre modalità di trasporto, per la quale l'orario svolge un ruolo importante.

Approfondito anche il tema dell'orario ciclico (o cadenzato), per gli aspetti sia di merito, che di metodo, che consentono di mettere più facilmente in luce i meccanismi di funzionamento di un sistema di orario.



Parte I

Panoramica generale sull'orario e sull'integrazione dei servizi di trasporto

1. Che cosa è l'orario
2. Perché l'orario è importante
3. Come fare l'orario
4. Il risultato della progettazione: qualità ed efficienza dell'orario
5. Il cadenzamento degli orari come innovazione
6. Chi fa l'orario e quando

Parte II

Focus: elementi di tecnica dell'orario

7. La progettazione delle tracce orarie
8. Progettazione dell'orario grafico e vincoli di infrastruttura
9. Organizzazione industriale lato trasporto
10. Analisi di capacità e stabilità dell'orario

Parte III

Sistemi di orario cadenzato: approfondimenti

11. Schematizzazione di un orario cadenzato
12. La struttura dell'orario e la simmetria
13. Variazioni di struttura: effetti su costi lato trasporto, capacità di stazione e attrattività
14. Progettazione di un orario cadenzato
15. Esempi applicativi

Formato cm 24x17, 296 pagine in quadricromia, copertina cartonata.

Prezzo di copertina € 30,00.

Per sconti, spese di spedizione e modalità d'acquisto consultare la pagina "Elenco di tutte le pubblicazioni CIFI" sempre presente nella rivista "Ingegneria Ferroviaria".

IF Biblio	Impianti di segnalamento e controllo della circolazione - Componenti	18
	330 Architettura e progetti per la cabina ACE di Roma Termini (GERLINI - MORI - CANTAMESSA - GARGIULO - PIETROLETTI) <i>La Tecnica Professionale</i>, dicembre 2019, pagg. 36-48, figg. 29. Biblio 13 titoli. Il presente articolo intende illustrare gli aspetti storici, architettonici e costruttivi di un particolare fabbricato dalla spiccata funzione tecnologica e di esercizio, inserito nel complesso edilizio monumentale della Stazione Termini: il Fabbricato "I" ovvero la Cabina Apparat Centrali Elettrici, progettata dall'architetto ingegnere Angiolo Mazzoni tra il 1938 e il 1942.	332 La piattaforma Mistral per la diagnostica automatica del sistema ERTMS (SENESI - MALANGONE - FRETTE) <i>La Tecnica Professionale</i>, marzo 2020, pagg. 40-55, figg. 22. Questo articolo tratta l'esperienza maturata da RFI nell'ambito del progetto "MISTRAL", volto alla realizzazione di una piattaforma per l'analisi, anche automatica, delle anomalie sul sistema ERTMS.
	331 Proposta per la segnaletica a messaggio fisso nelle stazioni (MELCHIORRE - FERRARO) <i>La Tecnica Professionale</i>, marzo 2020, pagg. 33-39. Biblio 4 titoli. L'articolo rappresenta un abstract del più ampio lavoro oggetto della tesi di laurea dell'Architetto Claudia Melchiorre nella quale è stata elaborata una proposta di aggiornamento della segnaletica fissa di stazione, con un concept innovativo, guardando alla best practise europee di settore.	333 Proposta per l'elaborazione dei piani di stazione (SCHEIDT) <i>Vorschlag eines Schichtenmodells fur das Bahnsystem</i> <i>ZE Vrail</i>, agosto 2019, pagg. 286-297, figg. 14. Biblio 18 titoli. Ampliamento ed approfondimento della teoria topologica di Mueller per l'ideazione ed il disegno dei piani di stazione e simili.

L. Franceschini, A. Garofalo, R. Marini e V. Rizzo
ELEMENTI GENERALI DELL'ESERCIZIO FERROVIARIO
Tradizione, evoluzione, sviluppi
Seconda edizione

Il CIFI ha pubblicato la seconda edizione del libro “Elementi generali dell’esercizio ferroviario”. La prima edizione era stata data alle stampe nel 1999. Andata esaurita anche la ristampa, il CIFI ha giustamente ritenuto opportuno, anziché procedere ad un’ulteriore ristampa, di pubblicare una nuova edizione, aggiornando ed integrando i contenuti del testo originario, in base agli sviluppi intervenuti nel frattempo. In effetti gli ultimi quindici anni hanno visto realizzarsi tali e tanti cambiamenti nell’organizzazione, nelle infrastrutture, nelle tecnologie ferroviarie che una semplice rilettura non era sufficiente.

Partendo da tali considerazioni, gli autori di questa seconda edizione, una squadra affiatata ed eterogenea di tre generazioni di ferrovieri, lasciando traccia dell’evoluzione storica, hanno svolto un completo lavoro di revisione ed aggiornamento ma anche di integrazione ed aggiunta di nuove parti. Nella prima edizione il sistema ad Alta Velocità era in fase di progetto, ora è in fase di consolidato esercizio. Il modello di esercizio prevalente era quello in cui le stazioni erano affidate ai “dirigenti movimento”, ora sono ampiamente diffusi evoluti sistemi di comando e controllo delle linee che interessano nodi ferroviari e direttrici di traffico.

Per quanto riguarda il materiale rotabile, l’elettronica di potenza e di comando ha definitivamente sostituito la regolazione reostatica e consentito l’adozione generalizzata di motori asincroni trifasi. I sistemi per la ripetizione dei segnali in macchina erano facoltativi, ora i sistemi per la protezione della marcia dei treni sono obbligatori. Inoltre, le Ferrovie italiane si stanno proiettando sempre di più all’estero e non mancano riferimenti e confronti con le ferrovie straniere. Infine l’interoperabilità è anch’essa nel pieno della applicazione pratica, mentre era prima solo accennata come intenzione.

Il volume espone quindi in un quadro ordinato e logicamente articolato gli elementi essenziali, i concetti e le informazioni di base dell’esercizio ferroviario considerato nel suo complesso e nei diversi settori in cui si differenzia.

Nel volume sono inserite, quando opportune, notizie storiche e di costume dell’esercizio ferroviario. Questo consente al lettore di comprendere il perché di certe scelte tecnologiche e normative, quasi sempre dettate dalla necessità di risolvere problematiche magari oggi considerate banali,



ma all’epoca di elevato spessore e sfidanti per coloro che le hanno dovute affrontare e risolvere.

Il volume ha intenti formativi e si indirizza ad una estesa platea di lettori: operatori dell’esercizio ferroviario, professionisti, tecnici, studenti e cultori della materia, rappresentando un’introduzione di base al sistema ferroviario. Il testo comprende tutte le diverse discipline della ferrovia, riportando l’evoluzione e la descrizione degli attuali sviluppi relativi all’infrastruttura, alle tecnologie, al materiale rotabile ed alla normativa.

Il volume costituisce un “classico” del CIFI, in edizione completamente aggiornata e rinnovata, indispensabile per ogni percorso di inquadramento e aggiornamento della materia.

Formato 17x24 cm, 640 pagine, 157 figure in bianco e nero, 120 figure a colori, 42 tabelle.
Prezzo di copertina Euro 40,00 (Sconto del 20% ai Soci CIFI).

	IF Biblio	Circolazione dei treni	20
	237 Uso di metodi stocastici per la valutazione delle alternative in un problema di disposizione (FRIEDRICH - RESTEL) <i>Nutzung stochastischer Verfahren zur Bewertung von Alternativem im Dispositionsfall</i> ETR aprile 2019, pagg. 37-40, figg. 4. Biblio 5 titoli.	239 L'utilizzo dei simulatori dinamici di addestramento alla condotta (SIDAC) nell'ambito del sistema formativo di Trenitalia (MIGLIORINI) <i>La Tecnica Professionale</i>, pagg. 4-11, luglio-agosto 2019, figg. 7. Biblio 4 titoli.	
	238 L'evoluzione tecnologica e organizzativa della circolazione ferroviaria in Italia (CERQUARELLI - GIOVINE - VIGLIETTI) <i>Technological and organizational evolution of railway traffic in Italy</i> <i>Ingegneria Ferroviaria</i>, pagg. 463-491, giugno 2019, figg. 16. Biblio 22 titoli. Prendendo come esempio la linea Bologna-Verona si ripercorre l'evoluzione tecnico-organizzativa della circolazione analizzando i principali aspetti che hanno contribuito a determinarne l'attuale assetto. Un breve accenno è posto infine ai possibili sviluppi futuri delle stazioni nell'ambito della nuova visione di integrazione modale.	240 Note sullo sviluppo di un pensiero scientifico originale nelle ferrovie. Parte seconda – La circolazione negli impianti e nelle linee (G.R. CORAZZA - M.V. CORAZZA) <i>Notes on the development of an original scientific thought in the rail system. Part 2 – Rail traffic at stations and on lines</i> <i>Ingegneria Ferroviaria</i>, gennaio 2020, pagg. 5-15, figg. 8, tab. 1. Biblio 38 titoli. Questo articolo si propone di analizzare l'evoluzione storica e tecnica del pensiero scientifico in tema di circolazione ferroviaria ed impianti, sottolineando il ruolo di autori il cui contributo è fondamentale per lo studio dei problemi affrontati.	

Massimo Gerlini, Paolo Mori e Raffaello Paiella

ARCHITETTURA E PROGETTI DELLE STAZIONI ITALIANE ... DALL'OTTOCENTO ALL'ALTA VELOCITÀ

Il volume condensa, in 675 pagine, 175 anni di storia delle stazioni ferroviarie italiane, in particolare dei Fabbricati Viaggiatori, raccontandone l'evoluzione e lo sviluppo dal 1830 ad oggi.

Gli autori, architetti che hanno operato a lungo nella struttura erede dello storico Ufficio Architettura e Fabbricati di Ferrovie dello Stato Italiane, dopo aver illustrato sinteticamente questo lungo percorso, anche attraverso esempi internazionali, scandito nei vari passaggi evolutivi in termini tipologici e architettonici (dai semplici imbarcaderi del primo periodo ai magnificenti edifici di fine '800, dagli esempi ispirati al movimento moderno e al pragmatismo della ricostruzione sino agli attuali poli d'interscambio e centralità urbana), ne condensano in 135 schede alcuni significativi esempi, selezionati tra le circa 2.200 stazioni che caratterizzano il panorama nazionale, rivisitati dalle fasi progettuali iniziali alle loro attuali configurazioni.

Dalla stazione di Lucca, del 1848, fino a quella di Vesuvio Est per l'Alta Velocità, in fase di progettazione, le schede, presentate in ordine cronologico, contrassegnano i Fabbricati Viaggiatori in base al prevalente interesse culturale, architettonico, funzionale e/o territoriale.

Per ciascuna stazione sono esposti sinteticamente i dati territoriali, tipologici e di progetto dell'impianto, illustrandone poi i cenni storici e le caratteristiche architettoniche salienti con numerose fotografie e la riproduzione di elaborati progettuali in larga parte inediti, resa possibile da un lungo lavoro di ricerca, svolto anche nella cura e nella organizzazione dell'Archivio Architettura che gli autori hanno contribuito a costituire negli anni recenti, presso la Fondazione delle Ferrovie dello Stato Italiane.

Il lavoro risultante, oltre che colmare una lacuna editoriale in questo campo, pur oggetto di tante pubblicazioni, ha il merito di costituire il primo compendio di "oggetti



Esempio dei contenuti del volume:
Stazione ferroviaria di Albenga - 1937: progetto
Arch. Roberto Narducci (FS)



architettonici" che sarà particolarmente utile a studiosi, ricercatori e cultori oltre che a tutti gli appassionati dell'affascinante mondo delle ferrovie.

"La rassegna cronologicamente ordinata delle architetture e dei progetti di stazioni ferroviarie - scrive la Prof. Arch. Elisabetta Collenza nella presentazione del volume - ritenute maggiormente significative a livello storico, tipologico, architettonico e urbano aderisce alla logica del "manuale" tesa a raccogliere e organizzare il "materiale" prodotto sino ad oggi sul tema per permetterne un'agevole conoscenza soprattutto nella formazione scientifica e professionale dello studente e per la formulazione di nuove proposte progettuali.

La stazione ferroviaria appartiene a quella categoria di edifici che rivestono un ruolo istituzionale nella società e che attraverso l'evolversi dei fattori storici, culturali, funzionali, sintetizzati nel "tipo edilizio", sono nella costante ricerca di un'identità consona al contesto storico e territoriale in continua trasformazione. È per questo un tema "aperto" a nuovi approfondimenti: lo dimostrano, infatti, le numerose pubblicazioni su riviste di architettura, i libri e le ricerche condotte in ambito universitario che hanno svolto un'efficace azione divulgativa delle più interessanti opere di architettura ferroviaria realizzate dalla metà circa del XIX secolo sino ai nostri giorni.

L'ALTA VELOCITÀ FERROVIARIA

Il CIFI ha pubblicato L'ALTA VELOCITÀ FERROVIARIA.

Il nuovo volume rappresenta un riferimento unico ed originale della storia e della evoluzione dell'Alta Velocità in Italia, dalle prime direttissime, alla Firenze-Roma, alle nuove linee AV-AC di recente entrate in servizio. Un immancabile "compagno" della *Storia e Tecnica Ferroviaria* già edita dal CIFI e un testo indispensabile per tutti i cultori, studiosi e appassionati del modo delle ferrovie. Una strenna ideale per ... se stessi, oltre che per amici personali, clienti e dipendenti delle aziende.

Volume in pregiata edizione, cartonato, formato A4, pagine 208 a colori ampiamente illustrate.

INDICE

- Ricerca e sviluppo della Velocità ferroviaria
- Le caratteristiche tecniche dell'AV
- Linee AV nel mondo
- Le Direttissime in Italia
- Nasce l'Alta Velocità-Alta Capacità
- Le Nuove Linee
- Milano-Bologna e Bologna-Firenze
- Nuove linee sui valichi alpini

Prezzo di copertina € 40,00. Per sconti, spese di spedizione e modalità di acquisto consultare la pagina "Elenco di tutte le pubblicazioni CIFI" sempre presente nella Rivista.



Pubblicata dal CIFI un'edizione speciale della Rivista "La Tecnica Professionale"
(Riedizione dei contenuti del numero di settembre 2009 della Rivista)

LA MUSEOGRAFIA FERROVIARIA IL MUSEO DI PIETRARSA E L'INAUGURAZIONE DELLA PRIMA FERROVIA ITALIANA (1839)

INDICE

- Introduzione
- 3 ottobre 1839 - Il Centenario della prima ferrovia Italiana
- La museografia ferroviaria prima di Pietrarsa
- Le officine di Pietrarsa
- Il museo di Pietrarsa e i musei viventi
- Le locomotive esposte al museo di Pietrarsa

Una pubblicazione di 56 pagine a colori formato 21x27.

Prezzo di copertina € 11,00. Per sconti, spese di spedizione e modalità di acquisto consultare la pagina "Elenco di tutte le pubblicazioni CIFI" sempre presente nella Rivista.



FORNITORI DI PRODOTTI E SERVIZI

Costruttori di materiale rotabile ed impianti ferroviari – Società di progettazione – Produttori di ricambi e prodotti vari per le ferrovie – Imprese appaltatrici di lavori di ogni genere per ferrovie nazionali, regionali, metropolitane e di trasporto pubblico urbano.

- A** Lavori ferroviari, edili e stradali – Impianti di riscaldamento e sanitari – Lavori vari
- B** Studi e indagini geologiche-palificazioni
- C** Attrezzature e materiali da costruzione
- D** Meccanica, metallurgica, macchinari, materiali, impianti elettrici ed elettronici
- E** Impianti di aspirazione e di depurazione aria
- F** Prodotti chimici ed affini
- G** Articoli di gomma, plastica e vari
- H** Rilievi e progettazione opere pubbliche
- I** Trattamenti e depurazione delle acque
- L** Articoli e dispositivi per la sicurezza sul lavoro
- M** Tessuti, vestiario, copertoni impermeabili e manufatti vari
- N** Vetrofanie, targhette e decalcomanie
- O** Formazione
- P** Enti di certificazione
- Q** Società di progettazione e consulting
- R** Trasporto materiale ferroviario

A **Lavori ferroviari, edili e stradali
Impianti di riscaldamento e sanitari
Lavori vari:**

B **Studi e indagini
geologiche-palificazioni**

C **Attrezzature e materiali
da costruzione:**

MARGARITELLI FERROVIARIA S.p.A. – Via Adriatica, 109 – 06135 PONTE SAN GIOVANNI (PG) – Tel. 075/597211 – Fax 075.395348 – Sito internet: www.margaritelli.com – Progettazione e produzione di manufatti

per armamento ferroviario, tramviario e per metropolitane in cemento armato, cemento armato precompresso, legno e legno impregnato – Trattamenti preservanti del legno.

D **Meccanica, metallurgica,
macchinari, materiali,
impianti elettrici ed elettronici:**

ARTHUR FLURY ITALIA S.r.l. – Via Dante, 68-70 – 20081 ABBIEATEGRASSO (MI) – Tel. 02/94966945 – Fax 02/94696531 – E-mail: info@afluryitalia.it – www.afluryitalia.it – Progettazione e costruzione di accessori per linee di contatto (TE) ferroviarie, metropolitane, tramviarie e filoviarie. Isolatori di sezione per binari secondari e di scalo fino a 60 km/h, isolatori di sezione per comunicazioni di stazione fino a 90 km/h e binari di corsa fino a 200 km/h ed asta di montaggio per isolatori cat. 773/145 e 146. Morsetteria in CuNiSi, morse di ormeggio Inox, morsetti di giunzione per filo di contatto 100-150 mmq. Sistema di messa a terra e corto circuito completo di rilevatore di tensione per linee AV 25 kV. Filo sagomato Cu/ Cu-Ag/ Cu-Mg e fune portante per impianti RFI 3 kV cc e 25 kV ca.

BONOMI EUGENIO S.p.A. – Via Mercanti, 17 – 25018 MONTICHIARI (BS) – Tel. 030.9650304 – Fax 030.962349 – e-mail: info.eb@gruppo-bonomi.com – www.gruppo-bonomi.com – Progettazione linee ferroviarie e tramviarie – Produzione di componenti ed accessori per i settori trazione elettrica e segnalamento – Sospensioni per linee tradizionali ed Alta Velocità – Dispositivi di pensionamento a contrappesi ed oleodinamici, morsetteria e connettori, attrezzatura ed utensili meccanici ed oleodinamici (prodotti per linee da 1,5 kV a 25 kV).

EBRebosio S.r.l. – Via Mercanti, 17 – 25018 MONTICHIARI (BS) – Tel. 030/9650304 – Fax 030/962349 – e-mail: info.eb@gruppo-bonomi.com – www.gruppo-bonomi.com – Progettazione linee ferroviarie e tramviarie – Produzione di componenti ed accessori per i settori trazione elettrica e segnalamento – Isolatori in silicone d'ormeggio, di sospensione, di sezione – Sospensioni per linee tradizionali ed Alta Velocità – Isolatori in resina epossidica per interno, scaricatori, sezionatori, interruttori (prodotti per linee da 1,5 kV a 500 kV).

CANAVERA & AUDI S.p.A. – Regione Malone, 6 – 10070 CORIO (TO) – Tel. 011/928628 – Fax 011/9282709 – E-mail: canavera@canavera.com – Sito internet: www.canavera.com – Stampaggio a caldo particolari in acciaio fino a 200 kg – Lavorazioni meccaniche – Costruzione componenti per carri, carrozze, tram e metropolitane.

CARLO GAVAZZI AUTOMATION S.p.A. – Via Como, 2 – 20020 LAINATE (MI) – Tel. 02/93176201 – Fax 02/93176200 – Apparecchiature di segnalamento e controllo – Interruttori a scatto per ACE serie FS68 in c.c. e c.a. – Relè unitari in c.c. serie FS58-86-89 – Relè schermo – Segnali a specchi dicroici SPDO – Gruppi ottici a commutazione statica ed altro analogo su richiesta.

CEMBRE S.p.A. – Via Serenissima, 9 – 25135 BRESCIA – Tel. 030/36921 – (r.a. + Sel. pass.) – Fax 030/3365766 – E-mail: info@cembre.com – Produzione e commercio di: capicorda e connettori elettrici – Utensili per la compressione dei capicorda e connettori, tranciacavi e tranciafuni oleodinamici – Trapani adatti alla foratura di rotaie e di apparecchi del binario nelle applicazioni ferroviarie – Trapani per traverse in legno – Pandrolatrici – Avvitatori portatili – Troncatrici di rotaie.

CINEL OFFICINE MECCANICHE S.p.A. Via Sile, 29 – 31033 CASTELFRANCO VENETO (TV) – Tel. 0423/490471 – fax 0423/498622 – E-mail: info@cinelspa.it – www.cinelspa.it – Stabilimenti: Via Sile, 29 - 31033 Castelfranco Veneto (TV) – Via Scalo Merci, 21 - 31030 Castello di Godego (TV) - Forniture per i settori ferroviario e tranviario: scambi ferroviari e tranviari, Kit cuscinetti elastici e autolubrificanti, Kit piastre per controrotaie 33C1, giunti isolanti incollati, piastre, piastrine, ganasce di giunzione, blocchi, caviglie, chiavarde, casse di manovra per deviatoio e accessori, tiranterie, zatteroni, traverse cave, fermascambi, immobilizzatori, dispositivi di bloccaggio, apparecchiature per segnalamento e sicurezza, passaggi a livello, materiali per rotabili.

COLAS RAIL ITALIA S.p.A. – Via Lampedusa, 13/F – 20141 MILANO – Tel. 02/89536.100 – Fax 02/89536536 – www.colasrail.com – Impianti fissi di trazione elettrica chiavi in mano per trasporti ferroviari, metropolitane e tramvie – Studi di fattibilità, progettazione e realizzazione di linee di contatto, ferroviarie ed urbane – Sottostazioni elettriche per alimentazione in c.c. e c.a. – Linee primarie; impianti di telecomando – Impianti luce e forza motrice.

CRONOS SISTEMI FERROVIARI S.r.l. – Via Cortemilia, 71 – 17014 – Tel. 019/502571 – www.cronosrail.com – Installazione impianti ed apparecchiature per la trazione elettrica per trasporti ferroviari, metropolitane e tramvie – Sottostazioni elettriche e impianti IFM – Impianti e sistemi elettrici ed elettronici anche complessi, integrati ed informatici, quadri elettrici e cabine di trasformazione – Infrastrutture per le vie di comunicazione, impianti e sistemi telematici in generale, reti telematiche e infor-

matiche, di trasporto e di connessione dati – Progettazione e realizzazione di linee di contatto, ferroviarie ed urbane.

DOT SYSTEM S.r.l. – Via Marco Biagi, 34 – 23871 LOMAGNA (LC) – Tel. +39 039.92259202 – Fax +39 039.92259290 – E-mail: info@dotsystem.it – www.dotsystem.it – Monitor grafici LCD di banco per locomotive e carrozze pilota – Terminali grafici LCD per logica di treno e gestione dati diagnostici – Schede di comunicazione per Bus MVB classe 1, 2, 3 e 4 – Gateway MVB-Ethernet, MVB-CAN, MVB-RS485, MVB-Wireless – Moduli di ingresso/uscita digitali ed analogici per Bus MVB, CAN, ecc. – Cartelli indicatori grafici e tecnologia LED per interni ed esterni.

ECM S.p.A. – Via IV Novembre, 29 – Loc. Cantagrillo – 51034 SERRAVALLE PISTOIESE (PT) – Tel. 0573/92981 – Fax 0573/526392-929880 – e-mail: commerciale@ecmre.com - www.ecmre.com – Progettazione, produzione, installazione di: Sistemi di alimentazione elettrica senza interruzioni - Segnali luminosi ferroviari innovativi - Registratori cronologici di eventi - Diagnostica ferroviaria per apparati ferroviari - Telecomandi e controlli – Impianti di sicurezza e segnalamento ferroviario – Sistemi completi, terra bordo, di controllo automatico della marcia del treno - Controllo centralizzato del traffico ferroviario CTC - Conta- Assi.

ESIM S.r.l. – Via Degli Ebanisti, 1 – 70123 BARI - Tel. 080.5328425 – Fax +39.080.5368733 – E-mail: info@esimgroup.com – www.esimgroup.com – **Sede di Roma: Via Sallustiana, 1/A** – Tel. 06.4819671 – Fax: 06.48977008 – Progettazione e messa in opera di impianti elettrici, di telecomunicazione, di segnalamento e di trazione elettrica – Realizzazione e installazione di sistemi di diagnostica ferroviaria.

E.T.A. S.p.A. – Via Monte Barbaghino, 6 – 22035 CANZO (CO) – Tel. +39 031.673611 – Fax +39 031.670525 – e-mail: info@esede@eta.it – www.eta.it – *Carpenteria*: quadri elettrici non cablati – Armadi e contenitori elettrici per esterni – Armadi 19" – Quadri inox per gallerie – Cassette inox lungo linea – Saldatura al TIG certificata – Conformità alle specifiche RFI.

FAIVELEY TRANSPORT ITALIA S.p.A. – Via Volvera, 51 – 10045 PIOSSASCO (TO) – Tel. 011.9044.1 – Fax 011.9064394 – Sito internet: www.faiveley.com *Sistemi e prodotti a marchio SAB WABCO*: Impianti di frenatura pneumatici, elettropneumatici, elettromeccanici ed elettroidraulici, freni a pattino tradizionali e a magneti permanenti, per veicoli ferroviari, metropolitani e tranviari – Sistemi di frenatura per treni ad alta velocità – Sistemi di antipattinaggio e antislittamento – Attuatori pneumatici, unità frenanti, regolatori di timoneria, gamma completa dei dischi del freno in ghisa e in acciaio – Compressori a pistoncini, compressori rotativi a vite, essiccatori d'aria, unità di produzione e trattamento dell'aria compressa – Sistemi diagnostici di bordo di

manutenzione – Apparecchiature elettroniche di comando e controllo del freno.

Sistemi e prodotti a marchio FAIVELEY: Convertitori statici di potenza e carica batterie – Impianti di riscaldamento e condizionamento – Porte e comandi porte – Sistemi di piattaforme – Porte di accesso treno – Pantografi – Interruttori di alta tensione – Sistemi di scatola nera – Registratori di eventi (DIS) – Sistemi diagnostici e telediagnostici di bordo – Sistemi di videosorveglianza.

FASE S.a.s. di Eugenio Di Gennaro & C. – Via del Lavoro, 41 – 20030 SENAGO (MI) – Tel. 02/9986557-02/9980622 – Fax 02/9986425 – E-mail: info@fase.it – Sito internet: www.fase.it – Strumentazione da quadro (indicatori analogici e digitali – TA e TV – Shunts e divisori di tensione) – Convertitori statici di misura – Strumentazione di bordo per mezzi rotabili (Treni A.V. – Locomotive elettriche e diesel-idrauliche – Veicoli ferroviari – Metropolitane e tranvie) – Apparecchiature elettroniche di misura e diagnostica costruite su specifica del Cliente – Fanali di coda e indicatori luminosi a led.

GALLOTTI 1881 S.r.l. – Via Codrignano 57/a – 40026 IMOLA (BO) – Tel. 0542/690987 – Fax 0542/690987 – e-mail: gallotti@gallotti1881.com – www.gallotti1881.com – Costruzione con progettazione di strutture metalliche per il segnalamento ferroviario, strutture metalliche speciali, piantane ed attrezzature unifer, carpenterie metalliche e meccaniche.

H.T.C. S.r.l. – Via Osella 7-9 – 10040 LEINÌ (TO) – Tel. 011/9986811 – Fax 011/9988152 – e-mail: ferroviario@htcsrl.com – www.htcsrl.com – Sistemi precablati di connessione per casse di manovra da deviatore P80 – Kit connessione per sistemi oleodinamici – Kit connessione per DCF – Cablaggi per RCE, ACEI, ACC – Connessioni per BOE SCMT – Telai per interruttori (IRC-IRA) per alimentazione impianti con connettorizzazione AMP completi di piastre d'adattamento e cavi – Filatura e spunta secondo IS 717.

KNORR-BREMSE Rail Systems Italia S.r.l. – Via San Quirico, 199/I – 50013 CAMPI BISENZIO (FI) – Tel. 055/3020.1 – Fax 055/3020333 – E-mail: kbrsitalia@knorr-bremse.it – Sito internet: www.knorr-bremse.it – Impianti di frenatura pneumatici, elettropneumatici ed elettroidraulici per veicoli ferroviari, metropolitani e tranviari – Sistemi di frenatura per treni ad alta velocità – Attuatori pneumatici, unità frenanti, regolatori di timoneria, dischi freno – Compressori a vite e a pistoncini, essiccatori d'aria, unità di produzione e trattamento aria compressa – Impianti toilette ecologici a recupero – Sistemi ed apparecchiature elettroniche di comando, controllo e diagnostica – Servizi di assistenza, riparazione e manutenzione di sistemi frenanti.

ISOIL INDUSTRIA S.p.A. – Via F.lli Gracchi, 27 – 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) – Tel. 02/660271 – Fax 02/6123202 – E-mail: vendite@isoil.it – Web: www.isoil.com – Strumentazione del materiale rotabile: Pick-up ad effetto

Hall per misure di velocità anche multicanale - Generatori di velocità - Sensori Radar ad effetto doppler per velocità e distanza - Indicatori di velocità standard e applicazioni di sicurezza (SIL 2) - Juridical Recorder - MMI: Multifunctional Display per ERTMS - Videocamere - Passenger Information - Switch e Fotocellule di Sicurezza per porte - Livelli carburante - Pressostati e Termostati - Agente esclusivo di: DEUTA WERKE/JAQUET/GEORGIN/KAMERA & SYSTEM TECHNIK.

LA CELSIA SAS – Via A. Di Dio, 109 – 28877 ORNAVASSO (VB) – Tel. 0323.837368 – Fax 0323.836182 – Dal 1974 progettazione, produzione e vendita di contatti elettrici sinterizzati ed affini, materiali sinterizzati da metallurgia delle polveri, connessioni flessibili e particolari vari, annessi per interruttori, commutatori, sezionatori per tutte le apparecchiature elettromeccaniche di potenza e trasmissione dell'energia.

LUCCHINI RS S.p.A. – Via G. Paglia, 45 – 24065 LOVERE (BG) – Tel. 035/963562 – Fax 035/963552 – e-mail: rolling-stock@lucchini.it – sito web: www.lucchini.it – Materiale rotabile per trasporti ferroviari urbani, suburbani e metropolitani; ruote cerchiate; ruote elastiche; ruote monoblocco; assili; cerchioni; boccole; sale montate da carro, carrozza e locomotiva completa di componenti; cuori fusi al manganese per scambi ferroviari – Riparazione e ripristino di sale montate con sostituzione di ruote e cerchioni – Revisione e collaudo di altri componenti.

MARINI IMPIANTI INDUSTRIALI S.p.A. – Via A. Chiarucci, 1 – 04012 CISTRNA DI LATINA – Tel. 06/96871088 – Fax 06/96884109 – e-mail: info@mariniimpianti.it – Sito web: www.mariniimpianti.it – Registratori Cronologici di Eventi (RCE) – Monitoraggio della temperatura delle rotaie (UMTR) – Apparecchiature di diagnostica centralizzate degli impianti di Segnalamento di linea e di stazione (SDC) – Sistemi di supervisione – Strumenti di misura per sotto stazioni – Rilevatore differenziale per segnali luminosi alti a commutazione statica SDO – Generatore di alimentazione 83 Hz PSK – Progettazione ed installazione degli impianti.

MATISA S.p.A. – Via Ardeatina km. 21 – Loc. S. Palomba – 00040 POMEZIA (ROMA) – Tel. 06.918291 – Telefax 06.91984574 – e-mail: matisa@matisa.it – Vagliatrici, rinalzatrici, profilatrici, veicoli di servizio per infrastruttura e catenaria, drasine di misura della geometria del binario, treni di costruzione nuovo binario, incavigliatrici, foratrasverse, forarotaie, apparecchiatura di controllo, segarotaie, gruppi rinalzatrici a lame vibranti.

MERSEN ITALIA S.p.A. - Via dei Missaglia, 97/B2 - 20142 MILANO (ITALIA) – Tel. 02/826813.1 - E-mail: ep.italia@mersen.com – Web: www.mersen.com – Fusibili e portafusibili MERSEN (Ferraz Shawmut) in BT e MT, in c.a. e c.c. e per semi-conduttori – Sezionatori, commutatori e corto circuitatori di potenza – Dissipatori di calore vacuum brazed, heat pipes, aria per componenti IGBT e press-pack – Ritorni di corrente per Messa a terra di rota-

bili ferrotramviari – Prese di corrente per 3^a rotaia – Laminated Busbar – Resistenze industriali “Silohm” (lineari), “Carbohm” – Spazzole e portaspazzole per macchine elettriche rotanti – Striscianti per pantografi, smiatrici e rettifiche per collettori – Grafiti per applicazioni meccaniche (guarnizioni, cuscinetti, ecc.).

MICROELETTRICA SCIENTIFICA S.p.A. – Via Lucania, 2 – 20090 BUCCINASCO (MI) – Tel. +39.02.575731 – e-mail: info.MIL@microelettrica.com – www.microelettrica.com – Applicazioni Bordo Veicolo ed Industriali di: – Contatori e Sezionatori fino a 4.000V ca/cc – Interruttori Extrarapidi in fino a 4.000V e 10.000A in cc – Relè di protezione ca/cc – Trasduttori e Sistema di Misura – Resistenze di frenatura, MAT del neutro, filtri e banchi di carico – Metering, Sistemi di misura in Tensione e Corrente, Misura dell'Energia a bordo veicolo secondo norma EN50463 – Unità Funzionali e Box integrati – Ventilatori Assiali e Ventilatori Centrifughi.

MONT-ELE S.r.l. – Via Cavera, 21 – 20034 GIUSSANO (MI) – Tel. 0362/850422 – Fax 0362/851555 – e-mail: mont-ele@mont-ele.it – www.mont-ele.it – Ingegneria di sottostazioni di conversione e di sottostazioni di alimentazione sistemi A.V. 25 kV – Produzione di quadri innovativi, alimentatori, raddrizzatori, sezionatori bipolari, quadri filtri, quadri misure – Produzione commutatori 3600 V 3000 A, sezionatori bipolari 3000 A, trasduttori di corrente, quadri di sezionamento 25 kV (52 kW) e sezionatori di alta tensione – Realizzazione di impianti, sottostazioni fisse e mobili lato alternata e continua.

ORA ELETTRICA S.r.l. a socio unico - Sede legale: Corso XXII Marzo, 4 - 20135 Milano - Sede operativa: Via Filanda, 12 - 20010 Cornaredo (MI) – Tel. +39 02.93563308 – Fax +39 02.93560033 – e-mail: info@ora-elettrica.com – www.ora-elettrica.com – Progettazione, produzione, commercializzazione, installazione e manutenzione di apparecchiature elettroniche specifiche per la gestione del tempo: centrali orarie controllate via DCF e GPS, NTP server, sistemi di supervisione, orologi analogici e digitali (per interni ed esterni), orologi da pensilina, orologi monumentali da facciata, RCE Registratori Cronologici di Eventi, sistemi integrati per il controllo degli accessi veicolari e pedonali, sistemi TVPL, TVCC, sistemi di rilevamento presenze certificati SAP.

PANDROL S.r.l. – Via De Capitani, 14/16 – 20864 AGRATE BRIANZA (MB) – Tel. +39.039.9080007/+39.039.9153752 – E-mail: info.it@pandrol.com – Web: www.pandrol.com – Sistemi di attacco ferroviari per traverse in calcestruzzo armato e precompresso.

PISANI S.r.l. – Via Vilfredo Pareto, 20 – 27058 VOGHERA (PV) – Tel. +39.347.4318990 – e-mail: giorgio@pisani.eu – Sistemi informatizzati, non invasivi di monitoraggio e certificazione dei processi di realizzazione e controllo in esercizio della lunga rotaia saldata e della posizione piano altimetrica del binario.

PLASSER ITALIANA S.r.l. – Via del Fontanaccio, 1 – 00049 VELLETRI (ROMA) – Tel. 06/9610111 – Fax 06/9626155 – e-mail: info@plasser.it – www.plasser.it – Commercializzazione, riparazione e manutenzione di macchine per la costruzione e la manutenzione del binario ferroviario - Risanatrici, rinalzatrici, profilatrici, stabilizzatrici dinamiche, vetture di rilevamento e sistemi per la diagnostica del binario e della linea di contatto, saldatrici mobili per rotaie, autocarrelli con gru e piattaforme, autocarrelli per tesatura frenata linee di contatto, carrelli portabobine, dispositivi per video-ispezione linee ferroviarie e binario, rappresentanza attrezzature Robel.

POSEICO S.p.A. – Via Pillea, 42-44 – 16153 GENOVA – Tel. 010/8599400 – Fax 010/8682006-010/8681180 – E-mail: semicond@poseico.com – www.poseico.com – Dispositivi a semiconduttori di potenza (Diodi, Tiristori, GTO's, IGBT Press-pack, ecc.) – Dissipatori ad acqua per il raffreddamento di dispositivi di potenza sia press-pack che moduli – Assiemati di potenza con raffreddamento in aria naturale, aria forzata ed acqua – Ponti raddrizzatori per applicazioni industriali e di trazione – Analisi di guasto e servizio di collaudo – Riparazioni di assiemati di potenza – Distribuzione e/o commercializzazione di componenti nel campo dell'elettronica di potenza.

POWER MISURE S.r.l. – Via Balossa, 25 – 20032 CORMANO (MI) – Tel. 02.25060990 – Fax 02.2506091 – E-mail: romano@powermeasure.it – Sito internet: www.powermeasure.it – Produzione e vendita di strumenti di verifica impianti elettrici e macchine elettriche in bassa-media e alta tensione – Misuratori di resistenza isolamento – Misuratori di terra – Misuratori passo e contatto – Misuratori di Tan Delta – Rigidimetri in c.c./c.a. fino a 300 kV – Alimentatori c.c./c.a. – Analizzatori di gas – Multimetri digitali e pinze amperometriche.

PROJECT AUTOMATION S.p.A. – Viale Elvezia, 42 – 20052 MONZA (MI) – Tel. 039/2806233 – Fax 039/2806434 – www.p-a.it – Sistemi ed apparecchiature di segnalamento, controllo e supervisione del traffico per metrotramvie e tramvie – Radiocomando scambi, casse di manovra carrabili, sistemi di controllo semaforico – Priorità mezzi pubblici – Sistemi di controllo e gestione traffico stradale.

QSD SISTEMI S.r.l. – Via Isonzo, 6/bis – 20060 PESSANO CON BORNAGO (MI) – Tel. 02.95741699 – 02.9504773 – Fax 02.95749915 – e-mail: gio.galimberti@qsdsistemi.it – www.qsdsistemi.it – Elettronica per ferroviario a norme EN50155 – Passenger Information System – Interfoni – Cruscotti – Terminali video Touch Screen – Sistemi Radio Terra Treno – Realizzazione apparecchiature custom – Riprogettazione apparecchiature obsolete – Consulenza sviluppo Hw Sw.

RAND ELECTRIC S.r.l. – Via Padova, 100 – 20131 MILANO – Tel. 02.26144204 – Fax 02.26146574 – Canaline, fascette, sistemi di identificazione, guaine corrugate,

guaine metalliche ricoperte, tutte con caratteristiche di reazione al fuoco e tossicità entro i parametri della specifica FS 304142 – Connettori elettrici di potenza standard o custom.

SCHAEFFLER ITALIA S.r.l. – Via Dr. Georg Schaeffler, 7 – 28015 MOMO (NO) – Tel. 0321/929211 – Fax 0321/929300 – E-mail: info.it@schaeffler.com – Sito internet: www.schaeffler.it – Cuscinetti volventi a marchio FAG e INA, standard e speciali, boccole ferroviarie, snodi sferici, attrezzature di montaggio e smontaggio, diagnostica.

SCHUNK CARBON TECHNOLOGY S.r.l. – Via Romolo Murri, 22/28 – 20013 MAGENTA (MI) – Tel. 02/972190-1 – Fax 02/97291467 – e-mail: info@schunkitalia.it – www.schunk-group.com – Spazzole, portaspaazzole, pantografi, striscianti, dispositivi di messa a terra, prese di corrente laterale, sistemi ungibordo, dispositivi di protezione corrente parassite, ricambi.

S.I.D.O.N.I.O. S.p.A. – Via IV Novembre, 51 – 27023 CAS-SOLNOVO (PV) – Tel. 0381/92197 – Fax 0381/928414 – e-mail: sidonio@sidonio.it – Impianti di sicurezza e segnalamento ferroviario – Impianti di elettrificazione ed illuminazione (linee BT/MT) – Opere stradali e ferroviarie – Scavi, demolizioni e costruzioni murarie – Impianti di telecomunicazione.

SIRTEL S.r.l. – Via Taranto 87A/10 – 74015 MARTINA FRANCA (TA) – Tel. 080/4834959 – Fax 080 4304011 – E-mail: info@sirtel.biz – Sito web: www.sirtel.biz – Lanterne portatili ricaricabili ad uso ferrotranviario con luce principale alogena o LED e segnalazione (a 1/2 LED ad elevata luminosità) con possibilità di avere fino a 3 diversi colori sulla stessa lanterna.

SPII S.p.A. – Via Don Volpi, 37 angolo Via Montoli – 21047 SARONNO (VA) – Tel. 02/9622921 – Fax 02/9609611 – www.spil.it – info@spil.it – Temporizzatori elettromeccanici, multifunzione e digitali – Programmatori elettromeccanici, multifunzionali e digitali – Microinterruttori ed elementi di contatto di potenza – Elettromagneti – Relè di potenza e ausiliari – Relè di controllo tensione frequenza e corrente – Termostati per c.a. e per c.c., per bassa ed alta tensione – Sezionatori – Motori e motoriduttori frazionari in c.c. – Connettori – Dispositivi di interblocco multiplo a chiave – Combinatori e manipolatori – Equipaggiamenti integrati completi per la trazione pesante e leggera.

SUPERUTENSILI S.r.l. – Via A. Del Pollaiuolo, 14 – 50142 FIRENZE – Tel. 055.717457 – Fax 055.7130576 – Forniture ferro-tramviarie: filtri e pannelli filtranti, utensili, macchinari, strumenti di misurazione, rimozione graffiti, certificazioni CE e rimessa a norma macchinari, grassi e lubrificanti.

TECNEL SYSTEM S.p.A. – Via Brunico, 15 – 20126 MILANO – Tel. 02/2578803 r.a. – Fax 02/27001038 – www.tecnelsystem.it – E-mail: tecnel@tecnelsystem.it – Pulsanti – Interruttori – Selettori – Segnalatori serie T04 per banchi coman-

do – Segnalatori a Led serie S130 – Pulsanti apertura porte serie 56 e 58 – Pulsanti mancorrente richiesta fermata serie T84 – Sistemi di comando e protezione porte – Avvisatori ottici ed acustici – Sirene – Temporizzatori – Sensori presenza e apertura porte.

TEKFER S.r.l. – Via Gorizia, 43 – 10092 BEINASCO (TO) – Tel. 011.0712426 – Fax 011.0620580 – E-mail: segreteria@tekfer.com – Sito internet: www.tekfer.com – Sistemi per impianti di sicurezza e segnalamento – Apparecchiature per il blocco automatico – INFILL – Codificatori statici – Relè elettronici (TR, HR, DR, relè a disco e altri) – Prodotti per 83,3 Hz (generatori di potenza fino a 15 kVA, filtri e rifasatori) – Telecomandi in sicurezza – Diagnostica impianti – Progettazione e installazione impianti.

THERMIT ITALIANA S.r.l. – Via Sirtori, 11 – 20017 RHO (MI) – Tel. 02/93180932 – Fax 02/93501212 – Materiali ed attrezzature per la saldatura alluminotermica delle rotaie.

T&T S.r.l. – Via Vicinale S. Maria del Pianto - Complesso Polifunzionale Inail - Torre 1 – 80143 NAPOLI – Tel./Fax 081.19804850/3 – E-mail: info@ttsolutions.it – www.ttsolutions.it – T&T (Technology & Transportation) opera da anni in ambito ferroviario offrendo servizi di consulenza ingegneristica - Specializzata per attività di System & Test Engineering – Progettazione e Sviluppo di Sistemi Embedded Real-Time per applicazioni Safety-Critical, Analisi RAMS, Verifica & Validazione, Preparazione Safety Assessment, Supporto alla Progettazione e alla Configurazione di Impianti di Segnalamento Ferroviario, Commissioning & Maintenance.

VAIA CAR S.p.A. – Via Isorella, 24 – 25012 CALVISANO (BS) – Tel. 0309686261 – Fax 0309686700 – e-mail vaia-car@vaia-car.it – Saldatrici mobili strada-rotaia per la saldatura elettrica a scintillio delle rotaie - Gru mobili/Escavatori strada-rotaia completi di accessori intercambiabili - Macchine operatrici mobili strada-rotaia con equipaggiamenti specifici - Macchine operatrici mobili ferroviarie e/o strada-rotaia per la manutenzione delle linee ferroviarie e delle linee elettriche aeree - Attrezzature speciali per il sollevamento, la movimentazione, la posa e la sostituzione di scambi ferroviari, campate, traverse e rotaie - Attrezzature speciali per il sollevamento, la movimentazione, la posa e la sostituzione di scambi e campate tramviari e/o metropolitani - Treni completi di sistemi per la costruzione delle linee ferroviarie ad alta velocità - Treni di sostituzione delle rotaie con sistemi per il carico e lo scarico delle rotaie - Unità di rinalzata del binario e di compattamento della massicciata.

VOESTALPINE VAE ITALIA S.r.l. – Via Alessandria, 91 – 00198 ROMA – Tel. 06/84241106 – Fax 06/96037869 – E-mail vaeitalia@voestalpine.com – www.voestalpine.com/vaeitalia – Scambi ferroviari A.V. e standard, scambi tranviari, sistemi elettronici per monitoraggio scambi, cuscinetti autolubrificanti, casse di manovra per scambi ferroviari e tranviari - Rappresentanza Voestalpine Schienen

GmbH per tutti i tipi di rotaie (vignole, a gola, barre per aghi) nonché servizi tecnici e logistici.

E Impianti di aspirazione e di depurazione aria:

F Prodotti chimici ed affini:

G Articoli di gomma, plastica e vari:

FLUORTEN S.r.l. – Via Cercone, 34 – 24060 CASTELLI CALEPIO (BG) – Tel. 035/4425115 – Fax 035/848496 – e-mail: fluorten@fluorten.com – www.fluorten.com – Semilavorati e prodotti finiti in PTFE e RULON® per industria meccanica, chimica, elettrica ed elettronica – Progettazione, costruzione stampi e stampaggio tecnopolimeri – Esclusivista Du Pont per l'Italia di semilavorati e finiti in Du Pont™ VESPEL®. Produzione di piastre in PTFE Certificate dal Politecnico di Milano a norma EN 1337-2. Certificazione sistema di gestione qualità per il settore aerospaziale EN 9100:2009 Certificate n. 5695/0. Certificazione sistema di gestione qualità ISO 9001:2008 Certificate n. 21. Certificazione sistema di gestione ambientale ISO 14001:2004 Certificate n. 27.

KRAIBURG STRAIL GmbH & Co. KG – Goellstrasse, 8 – D-84529 TITTMONING (Germania) – Tel. +49(8683)701-151 - Fax +49(8683)701-45151 - Sito web: www.strail.com - STRAIL sistemi di attraversamenti a raso & STRAILastic sistemi di isolamento per rotaie - Goellstrasse, 8 - D 84529 TITTMONING - Tel. +39 392.9503894 - Fax +39 02.87151370 - E-mail: tommaso.savi@strail.it - www.strail.it - Sistemi modulari in gomma vulcanizzata per attraversamenti a raso STRAIL, innoSTRAIL, pedeSTRAIL, pontiSTRAIL - Moduli esterni per i carichi più pesanti - veloSTRAIL - Moduli interni che eliminano la gola - Per tutti i tipi di traffico, strade e armamento (anche per ponti, scambi, gallerie, curve, impianti industriali) - Dispositivi elastici per la riduzione del rumore, delle vibrazioni oltre che per l'isolamento elettrico del binario - STRAILastic_P, STRAILastic_S, STRAILastic_R, STRAILastic_K, STRAILastic_DUO, STRAILastic_USM ed infine STRAILastic_A costituiscono la gamma completa di questa nuova linea.

IVG COLBACHINI S.p.A. – Via Fossona, 132 – 35030 CERVARESE S. CROCE (PD) – Tel. 049/9997311 – Fax 049/9915088 – e-mail: market.italy@ivgspa.it - ivg.colbachini@ivgspa.it - www.ivgspa.it – Capitale Sociale L. 10.575.000 – Tubi di gomma a basse e medie pressioni e flessibili con raccordi per ogni uso ed applicazione, studiati su specifiche richieste, in modo particolare per il settore rotabile (tubi per impianti frenanti tipo RAILWS e guaine gomma-tela a Dis. FS 304188).

PANTECNICA S.p.A. – Via Magenta, 77/14A – 20017 RHO (MI) – Tel. 02.93261020 – Fax 02.93261090 – e-mail: info@pantecnica.it - www.pantecnica.it – Sistemi antivi-branti per materiale rotabile e per armamento ferro-tranviario – Completa gamma di guarnizioni per tenuta fluidi – Certificata ISO 9001:2015 e prEN 9120:2016 – Fornitore Trenitalia.

PLASTIROMA S.r.l. – Via Palombarese km 19,100 – 00012 GUIDONIA MONTECELIO (RM) – Tel. 0774.367431-32 – Fax 0774.367433 – E-mail: info@plastiroma.it – Sito web: www.plastiroma.it – Morsetterie, contropiastre, cassette per C.D.B., materiale isolante per C.D.B., segnali bassi di manovra, segnali alti di chiamata, shunt, componenti in materiale plastico per relè FS, progettazione di articoli tecnici.

H Rilievi e progettazione opere pubbliche:

ABATE dott. ing. Giovanni – Via Piedicavallo, 14 – 10145 TORINO – Tel./ Fax 011.755161 – Cell. 335.6270915 – e-mail: abateing@libero.it – Armamento ferroviario – Progettazione e direzione lavori di linee ferroviarie, metropolitane e tranviarie – Armamento ferroviario e linee per trazione elettrica – Redazione di progetti costruttivi preliminari e definitivi comprensivo dei piani di sicurezza e di coordinamento sia in fase di progettazione che in fase di esecuzione per raccordi industriali – Rilievi e tracciamenti finalizzati alla progettazione di linee ed impianti ferroviari.

ARMAMENTO FERROVIARIO – Ing. Marino CINQUE-PALMI – Tel. 3476766033 - E-mail: info@armamentoferroviario.com – www.armamentoferroviario.com – Rilievo dello stato dei luoghi con restituzione cartografica in coordinate rettilinee assolute e relative – Progettazione preliminare, definitiva, esecutiva, costruttiva dell'armamento in coordinate rettilinee assolute e relative – Redazione, valutazione computi metrici estimativi armamento – Redazione, valutazione fabbisogno materiali armamento – Redazione piani di manutenzione armamento – Redazione piani della qualità per lavori d'armamento – Correzione delle curve su base relativa con il metodo Hallade – Analisi di adeguamento delle infrastrutture ferroviarie alle STI "Infrastruttura" – Analisi di velocizzazione delle linee ferroviarie – Studi di fattibilità per nuove linee ferroviarie e stazioni – Project Management nei progetti di infrastrutture ferroviarie.

ISiFer S.r.l. – Sede legale: Via Mazzini, 15 – 80053 CASTELLAMMARE DI STABIA (NA) – Sede operativa: Via Gorizia, 1 – CICCiano (NA) – Tel. 081.5741055 - Fax 081.5746835 – E-mail: segreteria@isifer.com – info@isifer.com – www.isifer.com – Azienda di ingegneria specializzata nel settore ferroviario con particolare riferimento alle attività di Concezione, Progettazione,

Realizzazione, Verifica, Validazione, Collaudo, Messa in Servizio, Diagnostica e Manutenzione.

PRISMA ENGINEERING S.r.l. – Via Villa Lidia, 45 – 16014 CERENESI (GE) – Tel./Fax 010.7172078 – E-mail: nadia.bargelata@prismaengineering.net – www.prismaengineering.net – Impianti di segnalamento ferroviario – Realizzazione Progetti di Fattibilità, Definitivi, Esecutivi e Costruttivi di impianti IS (ACEI-ACC-ACCM-SCMT) – Realizzazioni di Verifiche e Validazioni dei progetti comprese prove di campo.

I Trattamenti e depurazione delle acque:

L Articoli e dispositivi per la sicurezza sul lavoro:

SCHWEIZER ELECTRONIC S.r.l. (SEIT) – Sede Centrale: Via Santa Croce, 1 – 20122 MILANO – Tel. +39 0289426332 – Fax +39 0283242507 – E-mail: franco.pedrinazzi@schweizer-electronic.com – Sito: www.schweizer-electronic.com – Sede Legale: Via Gustavo Modena, 24 – 20129 MILANO – Sistemi di Sicurezza Protezione Cantieri (SAPC) e può fornire servizio chiavi in mano, di protezione cantieri con SAPC “Sistema Minimet 95”, comprensivo di: Progettazione, installazione, formazione del personale, disinstallazione, manutenzione ed a richiesta gestione del SAPC in cantiere con proprio personale – Sistemi di segnalamento fisso, Minimet, ISP, che integrano le parti mobili di SAPC Minimet 95 nel segnalamento esistente – Sistemi di comunicazione nell’ambito della sicurezza ad alto contenuto tecnologico.

M Tessuti, vestiario, copertoni impermeabili e manufatti vari:

N Vetrofanie, targhette e decalcomanie:

O Formazione

P Enti di certificazione

ITALCERTIFER S.p.A. – Piazza della Stazione, 45 – 50123 FIRENZE – Tel. 055.2988811 - Fax 055.264279 – www.italcertifer.it – Organismo notificato n. 1960 (Direttiva 2008/57/CE) – Verificatore indipendente di sicurezza (linee guida ANSF) – Organismo di ispezione di tipo A (norma EN 17020) per sottosistemi ferroviari e per la validazione di progetti civili – Laboratori accreditati per prove di componenti e sottosistemi ferroviari.

Q Società di progettazione e consulting:

INTERLANGUAGE S.r.l. – Strada Scaglia Est 134 – 41126 MODENA – Tel. 059/344720 - Fax 059/344300 – E-mail: info@interlanguage.it – Sito internet: www.interlanguage.it – Traduzioni tecniche, giuridiche, finanziarie e pubblicitarie – Impaginazione grafica, localizzazione software e siti web. Qualificati nel settore ferroviario.

R Trasporto materiale ferroviario:

FERRENTINO S.r.l. – Via Trieste, 25 – 17047 VADO LIGURE (SV) – Tel. 019.2160203 – Cell. +39.3402736228 – Fax 019.2042708 – E-mail: alessandroferrentino@gmail.com – www.ferrentinoconsulship.com – Consulenza e organizzazione trasporti, imbarchi, sbarchi per materiale ferroviario – Assistenza e consulenza per imballo, protezione e movimentazione pezzi eccezionali.

Prof. Ing. Stefano Ricci, *direttore responsabile*
Registrazione del Trib. di Roma 16 marzo 1951, n. 2035 del Reg. della Stampa
Stab. Tipolit. Ugo Quintily S.p.A. - Roma
Finito di stampare nel mese Ottobre 2020



INNOVATING FOR INNOVATORS

RAILWAY DIVISION