



CEI EN 50119:2021-01 La nuova edizione della norma di riferimento per le linee aeree di contatto

CEI EN 50119:2021-01 *The new edition of the reference standard for the overhead contact lines*

Davide BERLUSCONI ^(*)
Claudio SPALVIERI ^(**)

Sommario - Il presente articolo ha lo scopo di illustrare la nuova edizione della CEI EN 50119, ossia la norma di riferimento per le linee di contatto aeree, focalizzando l'attenzione sulle novità da essa introdotte rispetto all'edizione precedente.

Una parte consistente del testo è dedicata alla trattazione approfondita dei contenuti dell'Allegato D, che rappresenta l'innovazione più significativa: per la prima volta dal 2002, infatti, la norma italiana non si limita a recepire la corrispondente versione europea, ma definisce alcune condizioni specifiche applicabili solo nel nostro Paese.

Nell'ultima parte dell'articolo si forniscono esempi di calcolo di alcune grandezze significative, affinché possano essere di aiuto al lettore nella comprensione degli aspetti teorici esposti in precedenza.

1. Inquadramento generale

La CEI EN 50119 è la norma di riferimento per le linee aeree di contatto: disciplina tutti gli aspetti necessari per la progettazione e la realizzazione di qualsiasi tipologia di linea, per qualsivoglia sistema di trasporto ne preveda l'adozione (ferrovie, tramvie, metropolitane e filovie).

Vengono trattate in maniera completa tutte le tematiche di interesse, spaziando dai requisiti di sistema ai dimensionamenti degli elementi strutturali, dalle specifiche di componenti e assieme alle differenti tipologie di prove.

Nel gennaio 2021 è stata pubblicata la nuova edizione della norma (Fig. 1), che sostituisce quella entrata in vigore a maggio 2010; come suggerisce la sua denominazione,

Summary - The scope of this paper is to describe the new edition of CEI EN 50119, which is the reference standard for the overhead contact lines, focusing on its innovative aspects in comparison with the previous version.

Major part of this text refers to an accurate analysis of the contents of Annex D, which represents the most significant innovation: for the first time since 2002, the Italian standard, besides the implementation at the national level of the corresponding European standard, defines some specific conditions applicable in Italy only.

In the last part of this paper some calculation examples of the most significant quantities are shown, in order to supply the reader with help for understanding the theoretical aspects described in the previous clauses.

1. General description

CEI EN 50119 is the reference standard for the overhead contact lines: it rules every aspect needed for the design and the construction of any contact line type, applied to any transportation system which its use is expected for (railways, tramways, subways and trolleybuses).

Every specific aspect is dealt with in a complete way: from system requirements to structural elements calculation, from technical specification for components and assemblies to various test types.

In January 2021 the new edition of the standard was published (Fig. 1) and it replaces the version come into force in May 2010; as its name suggests, it is the implementation at the national level of the European standard EN 50119

^(*) Colas Rail Italia S.p.A. - Ingegneria - Membro CENELEC, Subcommittee 9XC, Working Group 13 - Membro CEI, Sottocomitato 9C.

^(**) Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. - Direzione Tecnica - Presidente CENELEC, Subcommittee 9XC - Presidente CEI, Sottocomitato 9C.

^(*) Colas Rail Italia S.p.A. - Ingegneria - CENELEC, Subcommittee 9XC, Working Group 13 member - CEI, Sottocomitato 9C member.

^(**) Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. - Direzione Tecnica - CENELEC, Subcommittee 9XC chairman - CEI, Sottocomitato 9C chairman.

N O R M A I T A L I A N A C E I

Norma Italiana

Data Pubblicazione

CEI EN 50119**2021-01**

La seguente Norma è identica a: EN 50119:2020-04.

Titolo

Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane - Impianti fissi - Linee aeree di contatto per trazione elettrica

Figura 1 – Frontespizio della norma CEI EN 50119:2021-01.

Figure 1 – Title page of the standard CEI EN 50119:2021-01.

essa costituisce il recepimento della norma europea EN 50119 e, in particolare, della sua ultima edizione, pubblicata nell'aprile 2020 (Fig. 2).

L'aspetto peculiare della norma italiana, rispetto alla sua corrispondente europea, consiste nella presenza di un allegato in più, ossia l'Allegato D, avente lo scopo di definire alcune condizioni specifiche applicabili solo nel nostro Paese. Ciò costituisce una novità significativa rispetto alle edizioni del 2002 e del 2010, che, invece, risultavano essere il semplice recepimento delle corrispondenti versioni europee.

2. La normazione elettrotecnica

Se si considera il suo ambito di applicazione territoriale, la normazione elettrotecnica è strutturata su tre livelli, ossia italiano, europeo e internazionale; per ciascuno di

and specifically of its last edition, published in April 2020 (Fig. 2).

The distinctive aspect of the Italian standard, in comparison with its European corresponding version, is the presence of one more annex, namely Annex D, whose scope is to define some specific conditions to be applied only in Italy. This is a significant innovative aspect in comparison with the editions published in 2002 and 2010, which were just the acknowledgement of the corresponding European versions.

2. Electrotechnical standardization

With reference to its geographical applicability, the electrotechnical standardization is organized on three levels, i.e. Italian, European and international; for each of them, a standardization body has been established, whose scope is

EUROPEAN STANDARD

EN 50119

NORME EUROPÉENNE

EUROPÄISCHE NORM

April 2020

ICS 29.280

Supersedes EN 50119:2009 and all of its amendments and corrigenda (if any)

English Version

Railway applications - Fixed installations - Electric traction overhead contact lines

Figura 2 – Frontespizio della norma EN 50119:2020-04.

Figure 2 – Title page of the standard EN 50119:2020-04.

essi esiste un organismo che ha lo scopo di redigere e aggiornare il corpus normativo di propria competenza, eventualmente coordinandosi con gli organismi omologhi afferenti agli altri livelli.

Nello specifico, gli organismi che si occupano di normazione elettrotecnica sono i seguenti:

- in Italia: Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI) – si veda [1];
- in Europa: *Comité Européen de Normalisation Electrotechnique* (CENELEC), che raggruppa i Comitati Elettrotecnici dei 27 Paesi membri dell'Unione Europea e quelli di altri 7 Stati – si veda [2];
- nel mondo: *International Electrotechnical Commission* (IEC), che vede la partecipazione dei Comitati Elettrotecnici di 88 Paesi – si veda [3].

Data la vastità del settore elettrotecnico, ciascun organismo si articola, a tutti i livelli, in Comitati Tecnici, Sottocomitati e Gruppi di Lavoro, che si occupano di svolgere attività di normazione in uno o più ambiti specifici.

Gli organismi sovranazionali sono sempre costituiti da esperti nominati dai comitati elettrotecnici nazionali; ciascuno di essi ha la facoltà di decidere, in funzione dei propri interessi, se partecipare alle attività attinenti a un ambito specifico e, dunque, se fornire un contributo diretto alla redazione e/o all'aggiornamento di una norma.

La revisione della EN 50119 è stata curata dal *Working Group 13 Contact lines* del *SubCommittee SC 9CX Electric supply and earthing systems for public transport equipment and ancillary apparatus (fixed installations)* del CENELEC.

L'Allegato D della CEI EN 50119 è stato redatto da un Gruppo di Lavoro creato *ad hoc* in seno al Sottocomitato SC 9C Impianti di trazione del CEI.

3. Cronologia della norma italiana

In Italia, la prima norma sulle linee aeree di contatto fu pubblicata nel febbraio 1937 con la denominazione CEI 9-2; nel maggio 1973 venne pubblicata una versione aggiornata, che fu quindi oggetto di una variante nel gennaio 1987. Tali norme erano esclusivamente italiane e non avevano alcuna corrispondenza con analoghe normative sovranazionali.

Il cambiamento significativo è avvenuto nel 2002, quando è stata pubblicata la prima edizione della CEI EN 50119: una norma concepita e redatta in ambito europeo, a livello CENELEC, con il contributo anche dell'Italia, e recepita nel nostro Paese; da allora, i percorsi della EN 50119 e della CEI EN 50119 hanno proceduto in parallelo e gli aggiornamenti sono sempre stati elaborati a livello europeo.

Nella Tab. 1 viene riportata la cronologia delle norme italiane ed europee relative alle linee di contatto.

Si osserva, a titolo di curiosità, che la CEI EN 50119 mantiene anche la classificazione CEI 9-2, in virtù della tematica trattata e in quanto "erede" della vecchia norma italiana.

to draft and to update the standards allocated to it, coordinating in case with the bodies at the other levels.

The bodies which deal with the electrotechnical standardization are:

- *in Italy:* Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI) – see [1];
- *in Europe:* Comité Européen de Normalisation Electrotechnique (CENELEC), which groups the Electrotechnical Committees from the 27 Countries members of the European Union and from 7 more Countries – see [2];
- *in the world:* International Electrotechnical Commission (IEC), which is participated by the Electrotechnical Committees from 88 Countries – see [3].

Considering the extent of the electrotechnical sector, each body is divided, at each level, into Technical Committees, Subcommittees and Working Groups, which are focused on the standardization activity of one or more specific fields.

The supranational bodies are always composed by experts appointed by the national electrotechnical committees; each of them has the right to decide, depending on its interests, whether participating to the activities related to a specific field and, consequently, whether supplying a direct contribution to the draft and/or the update of a standard.

The EN 50119 review was carried out by Working Group 13 Contact lines from CENELEC SubCommittee SC 9CX Electric supply and earthing systems for public transport equipment and ancillary apparatus (fixed installations).

Annex D to CEI EN 50119 was drafted by an ad hoc working group established within CEI Sottocomitato SC 9C Impianti di trazione.

3. Time history of the Italian standard

In Italy, the first standard about overhead contact lines was published in February 1937 and classified CEI 9-2; in May 1973, an updated version was issued and then it was modified by an amendment in January 1987. Such standards were exclusively Italian and there wasn't any relationship with similar supranational standards.

The significant change occurred in 2002, when the first edition of CEI EN 50119 was published: a standard conceived and drafted in the European context, at the CENELEC level, even with the contribution of Italy, and implemented in such Country; since then, the routes of EN 50119 and CEI EN 50119 have been going on side by side and the updates have been always drafted at the European level.

The time history of the Italian and the European standards about overhead contact lines is shown in Tab. 1.

Out of curiosity, CEI EN 50119 maintains even the classification CEI 9-2, due to its subject and because it is the "successor" of the superseded Italian standard.

At the international level, the reference standard for overhead contact lines is IEC 60913 [4], whose second and last ver-

A livello internazionale, la norma di riferimento per le linee di contatto è la IEC 60913 [4], la cui seconda e ultima edizione (2013-03) è stata sviluppata sulla base della EN 50119:2009-09 ed è attualmente in fase di revisione, per allinearla alla nuova edizione della norma europea.

4. Novità introdotte dall'ultima edizione della norma

L'ultima edizione della EN 50119 ha introdotto diverse novità, che non hanno sostanzialmente modificato l'impianto della norma, ma che hanno, piuttosto, mirato ad approfondire alcune tematiche e a definire meglio alcuni aspetti, anche sulla scorta dell'esperienza derivante dall'applicazione *day-by-day* della precedente edizione e dell'evoluzione del corpus normativo.

Si dettagliano nel seguito alcune delle modifiche più significative.

4.1. Capitolo 1

Il capitolo 1 definisce il campo di applicazione della norma.

Sono state meglio chiarite le possibili tipologie di linee di contatto e la relativa classificazione (Fig. 3), confermando che nel perimetro di applicazione è compresa anche la cosiddetta "catenaria rigida", ma non la terza rotaia; in altri termini, la norma si applica esclusivamente alle linee aeree, di cui nella Fig. 4 sono rappresentate le due tipologie.

Per quanto riguarda la "catenaria rigida", nel testo della norma sono state aggiunte diverse indicazioni specifiche che tengono conto delle peculiarità di questa tipologia di linea di contatto.

4.2. Capitolo 3

Il capitolo 3 raccoglie i termini e le definizioni utilizzati nel testo della norma.

Al fine di garantire l'uniformità nel linguaggio del settore e la coerenza con i contenuti delle altre normative, si è curato l'allineamento con quanto previsto dall'*International Electrotechnical Vocabulary* (IEC 60050)¹, inserendo

¹ L'*International Electrotechnical Vocabulary* può essere liberamente consultato all'indirizzo www.electropedia.org.

Tabella 1 – Table 1

Cronologia delle norme italiane ed europee relative alle linee di contatto
Time history of Italian and European standards about contact lines

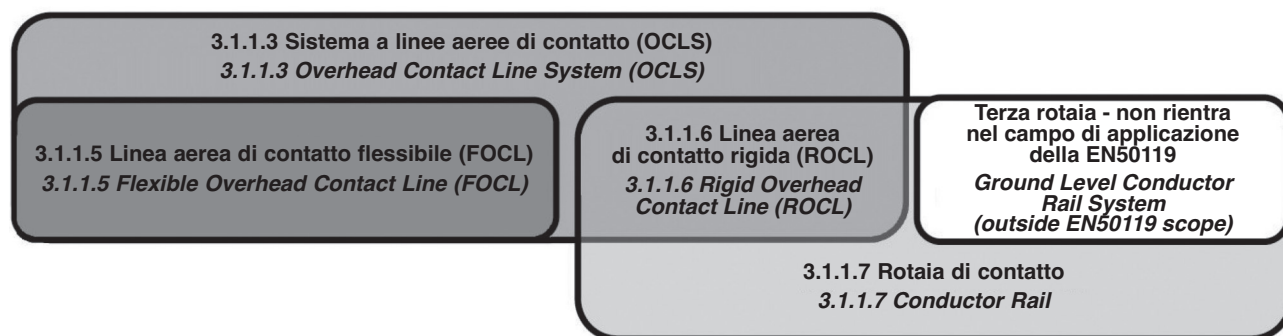
Data pubblicazione <i>Issue date</i>	Norma italiana <i>Italian standard</i>	Lingua <i>Language</i>	Norma europea corrispondente <i>Corresponding European standard</i>
2/1937	CEI 9-2 – Fascicolo 23	Italiano <i>Italian</i>	-
5/1973	CEI 9-2 – Fascicolo 339	Italiano <i>Italian</i>	-
1/1987	CEI 9-2;V1 – Fascicolo 1014 V	Italiano <i>Italian</i>	-
1/2002	CEI EN 50119:2002-01	Italiano, Inglese <i>Italian, English</i>	EN 50119:2001-06
5/2010	CEI EN 50119:2010-05	Italiano, Inglese <i>Italian, English</i>	EN 50119:2009-09
2/2014	CEI EN 50119/A1:2014-02	Inglese <i>English</i>	EN 50119/A1:2013-04
11/2014	CEI EN 50119/A1:2014-11	Italiano, Inglese <i>Italian, English</i>	
12/2020	CEI EN 50119:2020-12	Inglese <i>English</i>	EN 50119:2020-04
1/2021	CEI EN 50119:2021-01	Italiano <i>Italian</i>	

sion (2013-03) was developed taking into account EN 50119:2009-09 and it is currently under revision, in order to make it aligned with the new edition of the European standard.

4. Innovative aspects in the last edition of the standard

The last edition of EN 50119 includes some innovative aspects: they basically haven't modified the general lines of the standard, but rather they have aimed at analysing thoroughly some topics and at defining some aspects in a better way, even on the experience risen from the day-by-day application of the previous version and on the evolution of the standardization framework.

Some of the most significant modifications are detailed here below.



(Fonte - Source: CEI EN 50119:2021-01, Fig. 1)

Figura 3 – Classificazione delle diverse tipologie di linee di contatto.
 Figure 3 – Classification of the various types of contact lines.



Figura 4 – Esempi di linee di contatto aeree: a sinistra una linea aerea di contatto flessibile (FOCL), a destra una linea aerea di contatto rigida (ROCL).
 Figure 4 – Examples of overhead contact lines: a flexible overhead contact line (FOCL) on the left, a rigid overhead contact line (ROCL) on the right.

puntuali richiami a quest'ultimo ed evidenziando eventuali scostamenti.

4.3. Capitolo 5

Il capitolo 5 disciplina i requisiti del sistema linea di contatto aerea.

Si è debitamente approfondita la tematica relativa alle distanze in aria, rispetto alla quale vi è un focus particolare su alcuni aspetti, tra cui la definizione puntuale di tali distanze in corrispondenza degli isolatori (Fig. 5).

4.4. Capitolo 6

Il capitolo 6 si occupa delle strutture e delle fondazioni facenti parte del sistema linea di contatto.

A livello europeo, la tematica relativa al calcolo strutturale è oggetto dei cosiddetti "Eurocodici", ossia una serie di norme che disciplinano in maniera assai approfondita i molteplici aspetti legati al dimensionamento di

4.1. Clause 1

The clause 1 defines the scope of the standard.

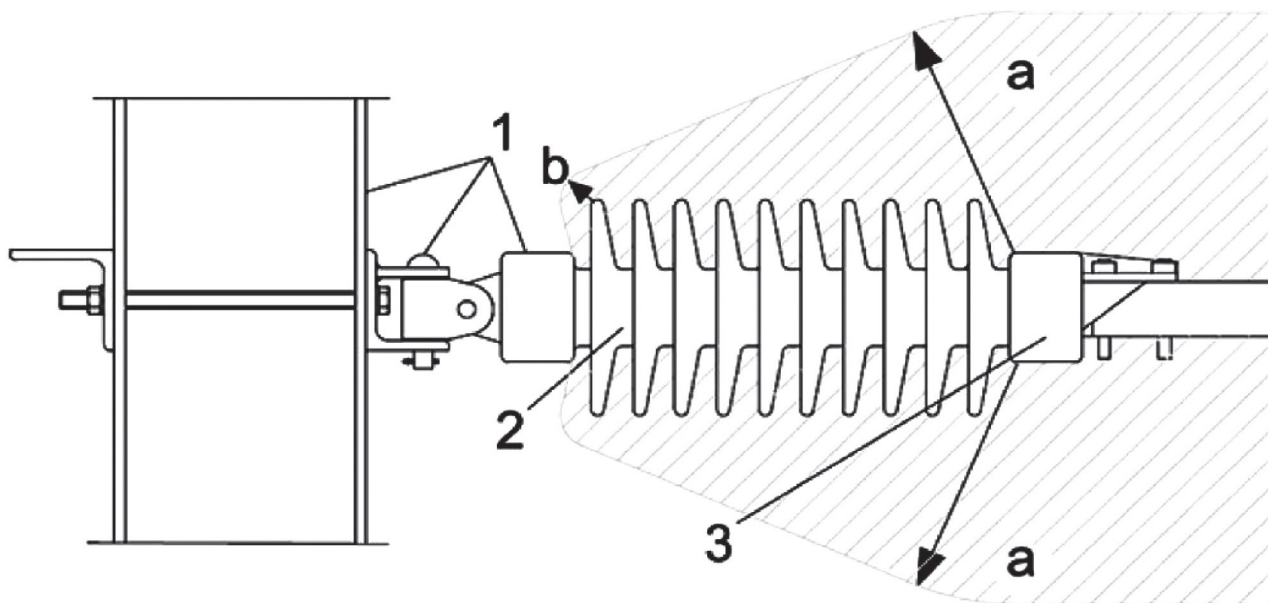
Various types of overhead contact lines and their relevant classification have been defined in a clearer way (Fig. 3), confirming that in the standard scope the so-called "rigid contact line" is included, but it isn't the third rail. In other terms, the standard can be applicable only to the overhead lines, whose two types are pictured in Fig. 4.

For what concern the "rigid contact line", some specific indications, which consider the distinctive characteristics of such type of contact line, have been added in the text.

4.2. Clause 3

The clause 3 collects the terms and the definitions used throughout the text of the standard.

In order to assure the uniformity in the sector language and the coherence with the contents of other standards, the alignment with the International Electrotechnical Vocabu-



Legenda

- 1 apparecchiatura messa a terra
- 2 alette dell'isolatore
- 3 apparecchiatura in tensione
- a valore della distanza statica in aria (EC_s) indicata nella Tab. 2
- b 10 mm

Key

- 1 earthed equipment
- 2 insulator sheds
- 3 Live equipment
- a value of static clearance (EC_s) given in Table 2
- b 10mm

(Fonte - Source: CEI EN 50119:2021-01, Fig. 2)

Figura 5 – Distanze elettriche statiche di isolamento in aria in corrispondenza di un isolatore.

Figure 5 – Static electrical clearance in air at insulator.

qualsiasi tipo di struttura. Ciascun Eurocodice, peraltro, può essere integrato con “allegati nazionali”, che forniscono ulteriori indicazioni necessarie per l'applicazione della norma in un determinato Paese.

Ciò premesso, si è sostanzialmente adottato il seguente approccio:

- per gli aspetti afferenti, in termini generali, ai calcoli strutturali – e quindi non propri del sistema linea di contatto – si sono introdotti riferimenti ad altre normative;
- per gli aspetti di esclusivo interesse del sistema linea di contatto sono state mantenute le prescrizioni già presenti nella precedente edizione della norma.

A titolo di esempio, il calcolo della pressione del vento, che chiaramente prescinde dalla tipologia di struttura su cui agisce, afferisce alla prima categoria; la valutazione dell'azione del vento sui conduttori o su determinate tipologie di pali di sostegno, invece, fa parte della seconda, visto che è specifica del sistema linea di contatto.

4.5. Capitolo 7

Il capitolo 7 definisce i requisiti che devono essere soddisfatti dai componenti, dai relativi assiami e dalle

lary (IEC 60050)¹ has been properly carried out: specific cross-references to it have been inserted and any possible difference has been highlighted.

4.3. Clause 5

The clause 5 rules the requirements of the overhead contact line system.

The topic related to the clearances in air has been properly analysed thoroughly, implementing a specific focus about some aspects, like the precise definition of such distances at insulators (Fig. 5).

4.4. Clause 6

The clause 6 focuses on the structures and the foundations which are included in the contact line system.

At the European level, the topics related to the structural calculation are dealt with by the so-called “Eurocodes”, namely a set of standards which rules in a very exhaustive way the various aspects connected to the dimensioning of

¹ International Electrotechnical Vocabulary can be accessed without restrictions at www.electropedia.org.

apparecchiature che afferiscono al sistema linea di contatto.

Si è introdotta la specificazione dei requisiti che devono essere soddisfatti dalle apparecchiature automatiche di messa a terra e di cortocircuito e dai dispositivi di monitoraggio; le prime sono ad esempio impiegate per garantire la sicurezza nelle gallerie ferroviarie e in corrispondenza dei “punti antincendio”, i secondi per la valutazione delle condizioni puntuali della linea di contatto e/o del pantografo.

4.6. Allegati

Gli allegati approfondiscono alcuni aspetti particolari già trattati negli altri capitoli.

Si è proceduto all'eliminazione dell'allegato, denominato “A” nella precedente edizione, che forniva un esempio di portata in corrente dei conduttori, a integrazione dei presupposti teorici che erano e che sono esposti nel capitolo 5.

Si è aggiunto l'Allegato C, che tratta le linee di contatto per autocarri elettrici; l'utilizzo di mezzi pesanti alimentati anche da una catenaria è una soluzione innovativa che, dopo alcuni anni di sperimentazioni, sta vedendo le sue prime applicazioni in Germania.

Nella versione italiana della norma è stato inserito anche l'Allegato D, applicabile solo in Italia; nel capitolo successivo ne viene fornita un'ampia e dettagliata descrizione.

5. L'Allegato D

L'Allegato D nasce dall'esigenza di definire le condizioni specifiche da adottarsi in Italia nell'ambito del calcolo delle strutture per le linee di contatto, anche in considerazione della vigenza del Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 Aggiornamento delle “Norme tecniche per le Costruzioni”, comunemente definito come “NTC 2018”.

In generale, l'adozione di un “allegato nazionale” è permesso dal CENELEC, purché i suoi contenuti non siano in contrasto con la normativa europea; in altri termini, a ciascun Comitato Elettrotecnico nazionale viene lasciata la facoltà di approfondire e precisare meglio alcuni aspetti peculiari per il proprio Paese.

Nel caso specifico, il paragrafo 6.1.1 della norma in oggetto lascia la possibilità di progettare le strutture per la linea aerea di contatto anche in accordo a norme nazionali; alla luce di tale impostazione, l'Allegato D ha lo scopo di costituire proprio la “norma nazionale” di riferimento.

Per quanto riguarda l'Italia, la progettazione strutturale viene definita dalle NTC 2018, che presentano la medesima impostazione degli Eurocodici, ma che, a differenza di questi ultimi, sono un decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti e, come tali, sono cogenti; risultano dunque essere gerarchicamente superiori a qualsiasi

any kind of structure. Each Eurocode, moreover, can be supplemented with “national annexes”, which give further instructions needed for the implementation of the standard in a specific Country.

Given the above, the following approach has been basically adopted:

- *for any aspect referred, in general terms, to the structural calculation – and so not specifically related to the contact line system – some references to other standards have been added;*
- *for every aspect applicable in an exclusive way to the contact line system, the regulations already defined in the previous edition of the standard have been confirmed.*

As an example, the wind pressure calculation, that is clearly not related to the type of structure which is applied on, is allocated to the first category; on the other hand, the evaluation of the wind action on conductors or on specific type of masts is part of the second one, since it is distinctive for the contact line system.

4.5. Clause 7

The clause 7 defines the requirements to be met by components, by relevant assemblies and by equipment which are allocated to the contact line system.

The specification of the requirements for two electrical devices has been added: automatic earthing and short-circuiting equipment, that is adopted, for example, in order to assure the safety in railway tunnels and at fire-fighting points; monitoring device, that is used for evaluating the status of contact line and/or pantograph at distinctive locations.

4.6. Annexes

The annexes describe in a more precise way some specific aspects already dealt with in other clauses.

The annex, named “A” in the previous edition, has been deleted; it provided an example of current carrying capacity of conductors, integrating the theoretical aspects which were and are described in the clause 5.

The Annex C, that deals with the contact lines for electric trucks, has been added; the use of such vehicle, fed even by an overhead line, is an innovative solution whose first applications are being built in Germany, after some years at experimental stage.

In the Italian version of the standard even Annex D, which is applicable only in Italy, has been added; in the next chapter a wide and detailed description is provided.

5. Annex D

Annex D rises from the need of defining the specific conditions to be adopted in Italy for what concern the calcula-

normativa tecnica, la cui applicazione è generalmente volontaria, a meno che la stessa norma non sia richiamata esplicitamente in una disposizione legislativa.

Dato che le NTC 2018 si riferiscono a costruzioni di qualsiasi tipologia e quindi non possono trattare in maniera esaustiva argomenti propri di settori molto specifici e particolari, quali le linee di contatto, l'Allegato D si prefigge lo scopo di specificare meglio alcuni aspetti della norma europea, affinché essi risultino coerenti con l'impostazione e con i contenuti delle stesse NTC 2018.

Si ricorda che l'adozione di una norma CEI per la realizzazione di un qualsiasi impianto garantisce automaticamente che quest'ultimo sia costruito a "regola d'arte", in virtù delle prescrizioni dell'articolo 2 della Legge 1 Marzo 1968 n° 186 [5].

Le tematiche trattate nell'Allegato D sono state definite anche tenendo in debita considerazione le esperienze derivate da anni di progettazione, costruzione, gestione e manutenzione delle linee aeree di contatto in Italia.

Si analizzano nel seguito, in maniera puntuale, gli aspetti più significativi sviluppati dall'Allegato D; a beneficio della chiarezza, si sottolinea che, ove si richiama un contenuto della "EN 50119", si intende far riferimento a quanto stabilito dal testo della norma europea.

5.1. Tipologie di carichi

Le NTC 2018 prevedono tre diverse tipologie di carichi (permanenti, permanenti non strutturali e variabili), rispetto alle due sole contemplate nella EN 50119 (permanenti e variabili); a ciascuna tipologia sono associati diversi coefficienti parziali per le azioni. Sulla base della precisazione fornita dalle NTC 2018, in merito all'intensità dei carichi permanenti non strutturali, e in considerazione delle peculiarità delle linee di contatto, questi ultimi possono essere assimilati ai carichi permanenti; in questo modo le tipologie di carico si riducono a due soltanto, in coerenza con quanto previsto dalla norma europea.

5.2. Azioni ambientali

Le azioni ambientali sono costituite da vento, ghiaccio e temperatura.

5.2.1. Vento

Gli effetti del vento sul sistema linea di contatto dipendono da:

1. pressione associata alla velocità del vento di picco;
2. coefficienti correlati alle caratteristiche di ciascun elemento specifico.

Per la valutazione della grandezza di cui al punto 1, la EN 50119 rimanda ad altre normative, anche nazionali, mentre definisce compiutamente i coefficienti di cui al punto 2, sia per i conduttori sia per gli altri elementi del sistema.

tion of the structures for the overhead contact lines, even considering the validity of Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 Aggiornamento delle "Norme tecniche per le Costruzioni", commonly defined as "NTC 2018".

In general terms, the adoption of a "national annex" is allowed by CENELEC, but its contents must not be in conflict with the European standardization; in other words, each national Electrotechnical Committee has the right to analyse thoroughly and define in a better way some distinctive aspects for its own Country.

In this specific case, clause 6.1.1 of the standard at issue allows to design the structures for the overhead contact line even in conformity with national standards; considering such approach, Annex D aims at being just the reference "national standard".

For what concern Italy, the structural design is defined by NTC 2018, which has the same base of Eurocodes, but, unlike it, it is a Decree from Ministry of Infrastructures and Transports and therefore it is mandatory; it is hence hierarchically above any technical standard, whose application is usually voluntary, unless such standard is directly referred to in a legislative provision.

Since NTC 2018 refers to any type of building and consequently it cannot deal with in a complete way the matters which are typical of very specific and particular fields, like contact lines, Annex D has the scope of better specifying some aspects of the European standard, so that they are consistent with the framework and the contents of NTC 2018.

It must be highlighted that the use of any CEI standard for the construction of any plant automatically assures that it is built "in a workmanlike manner", thanks to the regulations from Law 1 Marzo 1968 n° 186 [5], article 2.

The topics dealt with in Annex D have been defined taking properly into account even the experiences derived from years of design, construction, operation and maintenance of the overhead contact lines in Italy.

In the following pages, the most important aspects developed by Annex D are analysed in detail; for clarity reasons, it must be highlighted that, where a quote to a subject from "EN 50119" is made, a reference to what stated by the European standard is intended.

5.1. Load types

NTC 2018 classifies three different types of loads (permanent, permanent not structural and variable), in comparison with the two ones only (permanent and variable), defined in EN 50119; various partial factors for actions are associated to each type. Taking into account the remark provided by NTC 2018 about the intensity of the permanent not structural loads and the contact lines features, such actions can be considered as well as permanent loads. In such a way, the load types are reduced to two only, consistently with the European standard.

La pressione del vento non può che essere calcolata secondo le indicazioni fornite dalle NTC 2018; per quanto riguarda il coefficiente di esposizione, che dipende da molteplici fattori, l'Allegato D fissa il suo valore pari a 2,05, anche in considerazione dei ritorni di esperienza positivi registrati in un lasso di tempo significativo.

5.2.2. Ghiaccio

Gli effetti del ghiaccio sul sistema linea aerea di contatto si manifestano tramite la formazione di un manicotto attorno ai conduttori, che provoca due conseguenze:

- incremento dei carichi verticali, a causa del peso del ghiaccio;
- aumento delle azioni radiali generate dal vento, in quanto, a causa del manicotto, aumenta la superficie esposta.

Due sono gli elementi necessari per caratterizzare compiutamente i carichi da ghiaccio:

- il peso lineare del manicotto, per il quale la EN 50119 rimanda alla EN 50125-2 [6];
- la densità del ghiaccio, per la quale la EN 50119 non fornisce alcuna indicazione.

Per il peso lineare, la EN 50125-2 definisce quattro classi, applicabili sull'intero territorio europeo; per l'Italia, si è ritenuto ragionevole adottare un valore medio di 7 N/m, anche in relazione al fatto che ne deriva un manicotto avente uno spessore sostanzialmente analogo a quello storicamente utilizzato in Italia e per il quale non si sono mai manifestate conseguenze negative.

In merito alla densità del ghiaccio, nella NTC 2018 non si può trovare alcun dato utile, poiché il ghiaccio è una specificità dei conduttori aerei piuttosto che delle costruzioni civili e/o industriali; per questa ragione, l'unico riferimento valido è costituito dalla norma CEI EN 50341-2-13 [7], applicabile alle linee di trasmissione aeree, che stabilisce una densità pari a 900 kg/m³.

5.2.3. Temperatura

Il paragrafo 6.2.7 della EN 50119 fornisce alcuni valori di temperatura ambiente da considerare come riferimento, ma alcuni di essi non sono coerenti con quelli che si registrano effettivamente in Italia.

Nell'Allegato D, pertanto, si definiscono i valori di temperatura da considerare per ciascuno dei casi di carico, facendo riferimento alle NTC 2018 per i valori massimo e minimo e alla CEI EN 50341-2-13 per la cosiddetta "temperatura ambiente di riferimento".

Le temperature associate alla "combinazione eccezionale" e alla "combinazione sismica" possono essere desunte dalla formulazione prevista dalle NTC 2018: poiché quest'ultima considera azioni variabili gli effetti della temperatura sulle strutture e poiché nelle suddette combinazioni il coefficiente ψ_2 è pari a 0, ne deriva che non si hanno variazioni termiche e, pertanto, che la temperatura è pari alla "temperatura ambiente di riferimento".

5.2. Environmental actions

The environmental actions consist of wind, ice and temperature.

5.2.1. Wind

The wind effects on the contact line system depend on:

1. *peak velocity pressure;*
2. *factors related to the features of each specific element.*

For the evaluation of the quantity at point 1, EN 50119 refers to other standards, even national; on the other hand, it completely defines the factors at point 2, for both conductors and other components of the system.

The wind pressure must be calculated according to the instruction given by NTC 2018; for what concern the value of the exposure factor, which depends on various elements, Annex D determines its value equal to 2,05, considering even the positive feedbacks recorded in a considerable time period.

5.2.2. Ice

The ice effects on the overhead contact line system reveal through a sleeve around the conductors, which produces two consequences:

- *increasing of vertical loads, due to the ice weight;*
- *increasing of the radial actions produced by the wind, due to the bigger exposed surface generated by the sleeve itself.*

The ice loads can be fully defined by means of two quantities:

- *linear weight of the sleeve: for evaluating its value, EN 50119 refers to EN 50125-2 [6];*
- *ice density: EN 50119 doesn't provide any information.*

For what concern the linear weight, EN 50125-2 defines four classes, applicable to the whole European territory; for Italy, an average value equal to 7 N/m has been considered suitable, even considering that it implies a sleeve with a thickness basically similar to the value which was considered in the past in Italy and which has never caused any negative consequence.

Regarding the ice density, NTC 2018 doesn't provide any useful information, since the ice is a distinctive phenomenon of overhead conductors rather than civil and/or industrial buildings; for this reason, the only valid reference is represented by the standard CEI EN 50341-2-13 [7], applicable to overhead transmission lines, that determines a density equal to 900 kg/m³.

5.2.3. Temperature

EN 50119, clause 6.2.7 provides some environmental temperature values to be considered as a reference, but some of them are not in line with the actual values recorded in Italy.

5.3. Carichi da costruzione e da manutenzione

In considerazione della classificazione delle azioni definita nelle NTC 2018, i carichi da costruzione e da manutenzione possono essere valutati quali “azioni eccezionali”, visto che i primi si verificano una sola volta e i secondi, pur essendo ripetitivi, hanno una durata trascurabile rispetto alla vita della struttura.

5.4. Carichi accidentali

I carichi accidentali sono associati ai guasti e alle emergenze, come precisato dalla EN 50119, e, pertanto, non possono che essere classificati quali “azioni eccezionali”, in accordo alla definizione delle NTC 2018.

5.5. Azioni sismiche

La EN 50119 classifica le azioni sismiche quali “azioni speciali” e non fornisce alcun dettaglio in merito, rimandando, invece, all'Eurocodice 8.

In Italia, vista la sismicità del territorio, i carichi generati dai terremoti devono essere considerati in maniera accurata e devono essere oggetto di una analisi ad hoc; per questo motivo, infatti, le NTC 2018 trattano approfonditamente il tema.

Uno dei parametri fondamentali per la definizione dei carichi sismici è il “periodo di riferimento per l'azione sismica”, che dipende dalla vita nominale e dalla classe d'uso della struttura in esame; in considerazione delle sue peculiarità e salvo casi particolari, al sistema linea di contatto può essere assegnata una vita nominale di 50 anni e la classe d'uso II.

Il calcolo delle azioni sismiche e la valutazione dei loro effetti sulle strutture devono essere eseguiti in accordo alle prescrizioni delle NTC 2018.

5.6. Pressione aerodinamica

La EN 50119 considera la pressione aerodinamica, generata dal transito dei treni, “di ridotta entità” e, dunque, trascurabile.

Le NTC 2018, al contrario, trattano in maniera approfondita la tematica nel paragrafo 5.2 dedicato ai ponti ferroviari, riferendosi alla pressione aerodinamica che agisce sulle “superfici situate in prossimità della linea ferroviaria”; in tale fattispecie risultano ovviamente ricomprese le strutture di supporto della linea di contatto, siano esse verticali, come i pali, od orizzontali, come le travi.

In virtù della prevalenza del Decreto Ministeriale sulla Norma Tecnica, la pressione aerodinamica deve essere dunque considerata, quale carico variabile, nel dimensionamento delle strutture per la linea di contatto, con i limiti previsti dalle NTC 2018: i valori di pressione, infatti, dipendono da diversi fattori e sono nulli nel caso in cui la velocità del treno sia inferiore a 120 km/h.

Hence, Annex D defines the temperature values to be assumed for each load case, considering as reference NTC 2018 for the maximum and the minimum temperatures and CEI EN 50341-2-13 for the so-called “ambient reference temperature”.

The temperatures associated to “exceptional combination” and to “seismic combination” can be derived from the approach stated by NTC 2018: since such standard evaluates as variable actions the temperature effects on structures and since in the aforementioned combinations the coefficient ψ_2 is equal to 0, it can be inferred that there isn't any thermal variation and, consequently, that the temperature is equal to the “ambient reference temperature”.

5.3. Construction and maintenance loads

Considering the classification of the actions defined by NTC 2018, the construction and maintenance loads can be evaluated as “exceptional actions”, since the first ones occur once and the second ones, nevertheless repetitive, have a duration negligible in comparison with the life of the structure.

5.4. Accidental loads

The accidental loads are associated with failures and emergency situations, as stated by EN 50119, and, consequently, they can surely be classified as “exceptional actions”, in accordance with the definition given by NTC 2018.

5.5. Seismic actions

EN 50119 classifies the seismic actions as “special actions”; it doesn't give any further detail and it refers instead to Eurocode 8.

Considering the seismicity of the Italian territory, the loads generated by earthquakes must be taken into account in a precise way and must be subjected to specific analysis; for this reason, NTC 2008 examines closely the topic.

One of the fundamental parameters for the definition of the seismic loads is the “reference return period for the seismic action”, which depends on the design working life and on the importance class of the structure under investigation; considering its features and except for special cases, the design working life of 50 years and the importance class II can be assigned to the contact line system.

The calculation of the seismic actions and the evaluation of their effects on structures must be carried out in accordance with the regulations given by NTC 2018.

5.6. Aerodynamic pressure

EN 50119 evaluates the aerodynamic pressure, due to running trains, as “small” and consequently negligible.

On the other hand, NTC 2018 analyses thoroughly the topic in clause 5.2, referred to railway bridges, dealing with

5.7. Casi di carico

Ai fini del dimensionamento e della verifica delle strutture, sia la EN 50119 sia le NTC 2018 hanno un approccio analogo: entrambe stabiliscono le modalità con le quali devono essere considerate e combinate le diverse tipologie di carico, ma tali modalità non corrispondono.

Risulta necessario, pertanto, stabilire come i “casi di carico” della EN 50119 possano essere ricondotti alle “combinazioni delle azioni” delle NTC 2018, nel rispetto della gerarchia normativa.

Giova ricordare che le NTC 2018 calcolano la combinazione dei diversi carichi tramite la loro moltiplicazione per i “coefficienti di combinazione” ψ_0 , ψ_1 e ψ_2 , che hanno valori diversi in funzione della tipologia di azione e della tipologia di combinazione.

I sei casi contemplati dalla EN 50119 possono corrispondere a una o più combinazioni delle azioni secondo le NTC 2018:

- i casi A, B, C e D, in occasione dei quali si manifestano le diverse azioni variabili (vento, ghiaccio e temperatura), possono essere associati alle combinazioni “fondamentale”, “caratteristica” e “frequente”;
- i casi E ed F, che vedono la presenza di azioni eccezionali di diversa tipologia (carichi da costruzione e manutenzione, carichi accidentali), non possono che essere ricondotti alla combinazione “eccezionale”.

Analizzando le prescrizioni delle NTC 2018, nascono alcune considerazioni:

1. la pressione aerodinamica dovuta al transito dei treni, essendo definita quale azione variabile, deve essere combinata, qualora presente, con le altre azioni variabili;
2. le combinazioni “sismica” e “quasi permanente” non sono associabili a nessuno dei casi previsti dalla EN 50119;
3. le azioni di origine termica si manifestano in corrispondenza delle temperature sia minime sia massime, ma la EN 50119 prende in considerazione solo le prime (caso A), trascurando le seconde, i cui effetti sulle strutture iperstatiche non possono a rigore essere esclusi.

Per rispondere alle criticità associate ai punti 2 e 3, è risultato necessario definire tre casi di carico aggiuntivi: S, G e T rispettivamente.

Il caso S è associato alla combinazione “sismica” e, pertanto, prevede la presenza delle azioni permanenti e sismiche, mentre le azioni variabili sono nulle, in quanto i relativi coefficienti ψ_2 sono pari a 0.

Il caso G è correlato alla combinazione “quasi permanente” e può essere adottato solo in caso di un’altitudine non superiore a 1000 m; si manifestano esclusivamente le azioni permanenti, mentre le azioni variabili sono nulle, in virtù dell’altitudine. Tale caso di carico può essere uti-

the aerodynamic pressure acting on “surfaces located near a railway line”; in this case, the structures which support contact line are included, both vertical ones, like masts, and horizontal ones, like beams.

Due to the prevalence of the Ministerial Decree over the Technical Standard, the aerodynamic pressure must be therefore taken into account, as a variable load, for dimensioning the structures for the contact line, with the limits stated by NTC 2018: the values of pressure depend on various factors and are equal to zero in case the train speed is lower than 120 km/h.

5.7. Load cases

In order to dimension and verify structures, both EN 50119 and NTC 2018 have the same approach: both define how the various load types must be considered and combined, but such methods are misaligned.

Hence, it is necessary to define how the “load cases” from EN 50119 may be made consistent with the “load combinations” from NTC 2018, observing the hierarchy between standards.

It is useful to remind that NTC 2018 calculates the combination of different loads through their multiplication by the combination coefficients ψ_0 , ψ_1 and ψ_2 , which have different values depending on the action type and on the combination type.

The six load cases provided by EN 50119 can coincide with one or more load combinations as per NTC 2018:

- cases A, B, C and D: since various variable actions (wind, ice and temperature) occur, they can be associated to “fundamental”, “characteristic” and “frequent” load combinations;
- cases E and F: since some exceptional actions (construction and maintenance loads, accidental loads) take place, they must evidently be associated to the “exceptional” load combination.

The analysis of the regulations given by NTC 2018 implies some remarks:

1. *since the aerodynamic pressure due to running trains is classified as variable action, it must be combined, if it occurs, with other variable actions;*
2. *the “seismic” and “quasi-permanent” combinations can be associated to no case defined by EN 50119;*
3. *the thermal actions occur at both minimum and maximum temperatures, but EN 50119 takes into account only the first ones (case A) and doesn’t consider the second ones, whose effects on hyperstatic structures cannot be strictly excluded.*

In order to sort out the issues associated to the aforementioned points 2 and 3, the definition of three further load cases is needed: S, G and T respectively.

The case S is associate to the “seismic” combination

lizzato per calcolare, ad esempio, gli strapiombi dei pali che sostengono la linea di contatto.

Il caso T è sostanzialmente speculare al caso A e, pertanto, è associato alle medesime combinazioni e vede la presenza, oltre che delle azioni permanenti, delle azioni variabili legate alla variazione termica ed, eventualmente, alla pressione aerodinamica generata dal transito dei treni; i valori di temperatura da utilizzare sono desumibili dalle NTC 2018.

È opportuno chiarire che eventuali configurazioni provvisorie delle strutture del sistema linea di contatto, che si possono verificare durante le fasi di costruzione e che non sono temporalmente limitate all'atto del montaggio, non possono ricadere nel caso di carico E e quindi nella combinazione "eccezionale".

Devono pertanto essere analizzate in accordo agli altri casi di carico, per i quali si possono eventualmente considerare azioni variabili calcolate con periodi di ritorno ridotti; per quanto riguarda le azioni del vento, prescrizioni in tal senso sono fornite dal paragrafo 3.3.2 delle NTC 2018.

Nella Tab. 2 vengono riassunti i casi di carico, le azioni associate a ciascuno di essi e le relative combinazioni (secondo la notazione utilizzata nelle NTC 2018, paragrafo 2.5.3).

5.8. Coefficienti parziali per le azioni

I coefficienti parziali γ da applicare a ciascuna azione vengono definiti sia dalla EN 50119 sia dalle NTC 2018, ma i valori non sono allineati.

In virtù della prevalenza del Decreto Ministeriale sulla Norma Tecnica, devono essere adottati i coefficienti parziali prescritti dalla NTC 2018, che, peraltro, sono maggiori – e quindi a favore di sicurezza – rispetto a quelli della EN 50119.

6. Esempi di calcolo

Al fine di rendere più chiare le modalità di applicazione di quanto esposto nei paragrafi precedenti, si riportano gli esempi di calcolo di alcune grandezze significative.

Per ciascun esempio, si forniscono i dati di input e si espone in maniera dettagliata il procedimento di calcolo.

6.1. Esempio 1: calcolo della forza del vento su un conduttore

6.1.1. Dati di input

- Tipo conduttore: corda di terra TACSR a standard RFI
- Diametro conduttore: $d = 15,82 \text{ mm}$
- Lunghezza prima campata conduttore: $L_1 = 52 \text{ m}$
- Lunghezza seconda campata conduttore: $L_2 = 57 \text{ m}$

and, consequently, the occurrence of permanent and seismic actions is expected, while the variable actions are null, since the relevant coefficients ψ_2 are equal to zero.

The case G is related to the "quasi-permanent" combination and can be adopted only if the altitude isn't greater than 1000 m; only the permanent actions take place, while the variable ones are null, due to the altitude. Such load case can be used in order to calculate, for example, the overhangs to be applied to the contact line masts.

The case T is basically specular in comparison with the case A and it is therefore associated to the same load combinations; besides the permanent loads, the variable loads due to the thermal variations occur and, in case, the aerodynamic pressure due to running trains. The temperature values to be adopted can be drawn from NTC 2018.

It is appropriate to clarify that some possible provisional configurations of the structures for the contact line system, which can occur during construction phases and which are not temporally limited to the erection activities, cannot be included in the load case E and, consequently, in the "exceptional" load combination.

They must therefore be analysed in accordance with the other load cases, for which variable actions calculated with reduced return periods can be possibly considered; for what concern the wind actions, some indications about this approach are provided by NTC 2018, clause 3.3.2.

In Tab. 2 the load cases, the actions associated to each of them and the relevant combinations (according to the notation as per NTC 2018, clause 2.5.3) are summarized.

5.8. Partial factors for actions

The partial factors γ to be applied to each action are defined by both EN 50119 and NTC 2018, but their values are not aligned.

Due to the prevalence of the Ministerial Decree over the Technical Standard, the partial factors prescribed by NTC 2018 must be adopted; moreover, they are greater than the factors from EN 50119 and consequently more favourable from the safety point of view.

6. Calculation examples

In order to clarify how to apply what described in the previous clauses, in this chapter the calculation examples of some significant quantities are shown.

For each example, the input data are provided and the calculation process is explained in a detailed way.

6.1. Example 1: calculation of the wind force on conductor

6.1.1. Input data

Conductor type: earth wire TACSR, according to RFI standard

Tabella 2 – Table 2

Casi di carico e combinazioni delle azioni
Load cases and combinations of actions

Caso di carico <i>Load case</i>	Azioni associate <i>Related actions</i>	Combinazione delle azioni <i>Combination of actions</i>	
A	G_1, Q_T, Q_P	Fondamentale <i>Fundamental</i>	$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2}$
		Caratteristica <i>Characteristic</i>	$G_1 + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2}$
		Frequente <i>Frequent</i>	$G_1 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2}$
B	G_1, Q_T, Q_P, Q_W	Fondamentale <i>Fundamental</i>	$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3}$
		Caratteristica <i>Characteristic</i>	$G_1 + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3}$
		Frequente <i>Frequent</i>	$G_1 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3}$
C	G_1, Q_T, Q_P, Q_I	Fondamentale <i>Fundamental</i>	$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3}$
		Caratteristica <i>Characteristic</i>	$G_1 + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3}$
		Frequente <i>Frequent</i>	$G_1 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3}$
D	G_1, Q_T, Q_P, Q_W, Q_I	Fondamentale <i>Fundamental</i>	$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \gamma_{Q4} \cdot \psi_{04} \cdot Q_{k4}$
		Caratteristica <i>Characteristic</i>	$G_1 + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \psi_{04} \cdot Q_{k4}$
		Frequente <i>Frequent</i>	$G_1 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \psi_{24} \cdot Q_{k4}$
T	G_1, Q_T, Q_P	Fondamentale <i>Fundamental</i>	$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2}$
		Caratteristica <i>Characteristic</i>	$G_1 + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2}$
		Frequente <i>Frequent</i>	$G_1 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2}$
G	G_1	Quasi permanente <i>Quasi-permanent</i>	G_1
E	$G_1, A_{d,C}$	Eccezionale <i>Exceptional</i>	$G_1 + A_{d,C}$
F	$G_1, A_{d,A}$	Eccezionale <i>Exceptional</i>	$G_1 + A_{d,A}$
S	G_1, E	Sismica <i>Seismic</i>	$E + G_1$

Legenda - Key

G_1 : azioni permanenti – *permanent actions*

Q_T : azioni variabili dovute alla temperatura – *variable actions due to the temperature*

Q_P : azioni variabili dovute alla pressione aerodinamica generata dal transito dei treni (solo per velocità ≥ 120 km/h) – *variable actions due to the aerodynamic pressure generated by running trains (only for speed ≥ 120 km/h)*

Q_W : azioni variabili dovute al vento – *variable actions due to the wind*

Q_I : azioni variabili dovute al ghiaccio – *variable actions due to the ice*

$A_{d,C}$: azioni eccezionali dovute ai carichi da costruzione e da manutenzione – *exceptional actions due to the construction and the maintenance loads*

$A_{d,A}$: azioni eccezionali dovute ai carichi accidentali – *exceptional actions due to the accidental loads*

E : azioni sismiche – *seismic actions*

γ_i : coefficienti parziali per le azioni definiti dalle NTC 2018 – *partial factors for actions defined by NTC 2018*

ψ_{ij} : coefficienti di combinazione definiti dalle NTC 2018 – *combination coefficients defined by NTC 2018*

Direzione del vento rispetto al conduttore: $\varnothing = 0^\circ$ (ossia vento perpendicolare al conduttore)

Localizzazione: Lazio

Altitudine: $a_s = 100 \text{ m s.l.m.}$

Periodo di ritorno dell'azione del vento: $T_R = 50 \text{ anni}$

6.1.2. Procedimento di calcolo

La forza agente su un conduttore, e più in generale su un qualsiasi elemento del sistema linea di contatto, è determinata considerando due contributi:

- le grandezze che sono proprie del vento;
- le grandezze che dipendono dalle caratteristiche dell'elemento sul quale il vento agisce.

Le prime sono calcolate sulla base delle NTC 2018, le seconde in accordo alla CEI EN 50119:2021-01.

Si determina innanzitutto la velocità base di riferimento del vento (dipendente esclusivamente dalla posizione geografica di un dato luogo), in accordo al paragrafo 3.3.1 delle NTC 2018; nel Lazio, con altitudine $a_s = 100 \text{ m s.l.m.}$, si hanno i seguenti parametri:

- velocità base di riferimento al livello del mare:
 $v_{b,0} = 27 \text{ m/s};$
- parametro d'altitudine: $a_0 = 500 \text{ m}.$

Poiché $a_s < a_0$, il coefficiente di altitudine vale $c_a = 1$ e, pertanto, la velocità base di riferimento è pari a $v_b = v_{b,0} \cdot c_a = 27 \text{ m/s}.$

Si può dunque calcolare la velocità di riferimento del vento, in funzione del suo periodo di ritorno T_R , secondo il paragrafo 3.3.2 delle NTC 2018; dato che $T_R = 50 \text{ anni}$, il coefficiente di ritorno vale $c_r = 1$ e, pertanto, la velocità di riferimento è pari a $v_r = v_b \cdot c_r = 27 \text{ m/s}.$

Quest'ultima permette di determinare la pressione cinetica di riferimento q_r , secondo il paragrafo 3.3.6 delle NTC 2018; considerato che la densità dell'aria è costante e pari a $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$, si ha $q_r = \frac{1}{2} \rho v_r^2 = 455,63 \text{ N/m}^2.$

Si possono ora calcolare le grandezze proprie delle linee di contatto.

La pressione associata alla velocità del vento di picco $q_p(z)$ viene determinata secondo il paragrafo D.3 della CEI EN 50119:2021-01; considerato che il coefficiente di esposizione per gli elementi del sistema linea di contatto vale $c_e = 2,05$, si ottiene $q_p(z) = q_r \cdot c_e = 934,04 \text{ N/m}^2.$

La forza del vento sul conduttore Q_{WC} può infine essere calcolata in accordo al paragrafo 6.2.4.3 della CEI EN 50119:2021-01: utilizzando i valori $G_C = 0,75$ e $C_C = 1$ suggeriti dalla norma, si ha

$$Q_{WC} = q_p(z) \cdot G_C \cdot d \cdot C_C \cdot \frac{L_1 + L_2}{2} \cdot \cos^2 \varnothing = 603,98 \text{ N}.$$

In analogia all'approccio adottato per il conduttore, le forze sugli altri elementi del sistema linea di contatto possono essere valutate a partire dalla pressione $q_p(z)$.

Conductor diameter: $d = 15,82 \text{ mm}$

Length of the conductor first span: $L_1 = 52 \text{ m}$

Length of the conductor second span: $L_2 = 57 \text{ m}$

Wind direction against the conductor: $\varnothing = 0^\circ$ (i.e. wind perpendicular to the conductor)

Location: Lazio

Altitude: $a_s = 100 \text{ m a.s.l.}$

Return period for the wind action: $T_R = 50 \text{ years}$

6.1.2. Calculation process

The force acting on conductor – and generally on any element of the contact line system – is calculated considering two contributions:

- *the quantities associated to the wind;*
- *the quantities related to the features of the element which the wind acts on.*

The first ones are calculated taking into account NTC 2018, the second ones in accordance with CEI EN 50119:2021-01.

First of all, the reference basic wind velocity (depending only on the geographical position of the specific site) can be calculated, in accordance with NTC 2018, clause 3.3.1; in Lazio, with an altitude $a_s = 100 \text{ m a.s.l.}$, there are the following parameters:

- *reference basic wind velocity at sea level: $v_{b,0} = 27 \text{ m/s};$*
- *altitude parameter: $a_0 = 500 \text{ m}.$*

Since $a_s < a_0$, the altitude factor is equal to $c_a = 1$ and, therefore, the reference basic wind velocity to $v_b = v_{b,0} \cdot c_a = 27 \text{ m/s}.$

The reference wind velocity can be evaluated, depending on its return period T_R , in accordance with NTC 2018, clause 3.3.2; since $T_R = 50 \text{ years}$, the return factor is $c_r = 1$ and, therefore, the reference wind velocity is equal to $v_r = v_b \cdot c_r = 27 \text{ m/s}.$

The latter allows to determine the basic velocity pressure q_r , according to NTC 2018, clause 3.3.6; as the air density is constant and equal to $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$, then $q_r = \frac{1}{2} \rho v_r^2 = 455,63 \text{ N/m}^2.$

The specific quantities of the contact lines can now be calculated.

The wind pressure related to the basic wind velocity $q_p(z)$ is determined in accordance with CEI EN 50119:2021-01, clause D.3; considering that the exposure factor for any element of the contact line system is $c_e = 2,05$, then $q_p(z) = q_r \cdot c_e = 934,04 \text{ N/m}^2.$

The wind force on the conductor Q_{WC} can finally be calculated according to CEI EN 50119:2021-01, clause 6.2.4.3: using the values $G_C = 0,75$ and $C_C = 1$ suggested by the standard

6.2. Esempio 2: calcolo del manicotto di ghiaccio su un conduttore

6.2.1. Dati di input

Tipo conduttore: corda di terra TACSR a standard RFI

Diametro conduttore: $d = 15,82 \text{ mm}$

6.2.2. Procedimento di calcolo

Il diametro del manicotto di ghiaccio che si forma su un conduttore può essere calcolato secondo il paragrafo 6.2.6 della CEI EN 50119:2021-01, considerando i parametri definiti nel paragrafo D.4 della stessa norma; in dettaglio si hanno:

- carico caratteristico del ghiaccio: $g_{IK} = 7 \text{ N/m}$;
- densità del ghiaccio: $\text{densità}_i = 900 \text{ kg/m}^3$, corrispondente alla forza peso unitaria di $\rho_i = 9000 \text{ N/m}^3$.

Il diametro del manicotto vale dunque:

$$D_I = \sqrt{d^2 + \frac{4 \cdot g_{IK}}{\pi \cdot \rho_i}} = 0,03522 \text{ m} = 35,22 \text{ mm}$$

6.3. Esempio 3: calcolo delle temperature minima e massima

6.3.1. Dati di input

Localizzazione: Lazio

Altitudine: $a_s = 100 \text{ m s.l.m.}$

Periodo di ritorno della temperatura: $T_R = 50 \text{ anni}$

6.3.2. Procedimento di calcolo

Le temperature minima e massima dipendono dalla localizzazione geografica e, come prescritto dalla tabella D.1 della CEI EN 50119:2021-01, devono essere valutate in accordo al paragrafo 3.5.2 delle NTC 2018:

$$\begin{aligned} T_{min} &= -8 - 6 \cdot a_s / 1000 = -8,6^\circ\text{C} \\ T_{max} &= 42 - 2 \cdot a_s / 1000 = 41,8^\circ\text{C} \end{aligned}$$

6.4 Esempio 4: calcolo dei parametri degli spettri di risposta elastici in accelerazione delle componenti del sisma

6.4.1. Dati di input

Localizzazione: bivio Fegino, situato sulla linea ferroviaria Succursale dei Giovi nel comune di Genova

Categoria di sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Stato limite considerato: SLV (di salvaguardia della vita)

6.4.2. Procedimento di calcolo

Il calcolo degli spettri di risposta è il primo passo per la valutazione dei carichi sismici: l'accelerazione così de-

$$Q_{WC} = q_p(z) \cdot G_C \cdot d \cdot C_C \cdot \frac{L_1 + L_2}{2} \cdot \cos^2 \phi = 603,98 \text{ N.}$$

On the analogy of the approach adopted for the conductor, the forces on other elements of the contact line system can be evaluated from the pressure $q_p(z)$.

6.2. Example 2: calculation of the ice sleeve on conductor

6.2.1. Input data

Conductor type: earth wire TACSR, according to RFI standard

Conductor diameter: $d = 15,82 \text{ mm}$

6.2.1. Calculation process

The ice sleeve diameter on conductor can be calculated according to CEI EN 50119:2021-01, clause 6.2.6, considering the parameters defined in the related clause D.4; in details:

- characteristic ice load: $g_{IK} = 7 \text{ N/m}$;
- ice density: $\text{density}_i = 900 \text{ kg/m}^3$, corresponding to the unit weight force of $\rho_i = 9000 \text{ N/m}^3$.

Hence, the ice sleeve diameter is equal to:

$$D_I = \sqrt{d^2 + \frac{4 \cdot g_{IK}}{\pi \cdot \rho_i}} = 0,03522 \text{ m} = 35,22 \text{ mm}$$

6.3. Example 3: calculation of minimum and maximum temperatures

6.3.1. Input data

Location: Lazio

Altitude: $a_s = 100 \text{ m a.s.l.}$

Return period for the temperature: $T_R = 50 \text{ years}$

6.3.2. Calculation process

The minimum and maximum temperatures depend on the geographical location and, as prescribed by CEI EN 50119:2021-01, Table D.1, they must be evaluated in accordance with NTC 2018, clause 3.5.2:

$$\begin{aligned} T_{min} &= -8 - 6 \cdot a_s / 1000 = -8,6^\circ\text{C} \\ T_{max} &= 42 - 2 \cdot a_s / 1000 = 41,8^\circ\text{C} \end{aligned}$$

6.4 Example 4: calculation of the parameters related to the elastic acceleration response spectra of earthquake components

6.4.1. Input data

Location: bivio Fegino, placed on the railway line Succursale dei Giovi in the municipality of Genova

Subsoil category: C

Topographic category: T1

Envisaged limit state: SLV (life protection)

terminata deve essere quindi applicata alla struttura in esame.

L'azione sismica è caratterizzata da tre componenti, che agiscono in maniera indipendente: due orizzontali, tra loro uguali e ortogonali, e una verticale.

Per la valutazione delle forze generate dal sisma su una certa struttura, è necessario determinare il periodo di riferimento, che dipende da due parametri caratterizzanti la struttura stessa, ossia la vita nominale di progetto e la classe d'uso; in accordo al paragrafo D.9.1.2 della CEI EN 50119:2021-01, per il sistema linea di contatto, essi assumono i seguenti valori:

- vita nominale di progetto: $V_N = 50$ anni;
- classe d'uso: II, cui corrisponde un coefficiente d'uso $C_U = 1,0$ (secondo la Tab. 2.4.II delle NTC 2018).

Il periodo di riferimento per l'azione sismica V_R sul sistema linea di contatto può dunque essere calcolato secondo il paragrafo 2.4.3 delle NTC 2018: $V_R = V_N \cdot C_U = 50$ anni.

Si determina quindi la probabilità di superamento dell'azione sismica nel periodo di riferimento P_{VR} , che dipende dallo stato limite considerato: nel caso di SLV, la Tab. 3.2.I delle NTC 2018 stabilisce $P_{VR} = 0,1$.

Il periodo di ritorno del sisma T_R viene infine calcolato in accordo alle prescrizioni del paragrafo 3.2.1 delle NTC 2018: $T_R = -V_R / \ln(1 - P_{VR}) = 474,56$ anni ≈ 475 anni

Dal valore di T_R dipendono tre parametri che caratterizzano il sisma e che sono definiti nel paragrafo 3.2 delle NTC 2018:

- a_g : accelerazione orizzontale massima;
- F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C^* : valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

L'allegato B del Decreto del Ministero delle Infrastrutture 14 gennaio 2008 [8], che continua a essere valido nonostante l'entrata in vigore delle NTC 2018, stabilisce i valori dei suddetti parametri per 10751 punti del territorio italiano, costituenti il cosiddetto "reticolo di riferimento".

Per il sito in esame, si prende in considerazione il punto più prossimo del reticolo (ID: 16695); si hanno dunque i seguenti valori:

- coordinate geografiche: LON 8,8684, LAT 44,445;
- a_g : $0,682 \frac{g}{10} = 0,0682g$;
- F_0 : 2,52;
- T_C^* : 0,29s.

Per tener conto delle caratteristiche stratigrafiche e topografiche del sito, si può adottare un approccio semplifi-

6.4.2. Calculation process

The calculation of the response spectra is the first step for the evaluation of the seismic loads: the acceleration thus determined must be applied to the structure under investigation.

The seismic action is made of three components, that act in an independent way: two horizontal, with the same value and mutually perpendicular, and one vertical.

In order to evaluate the forces caused by the earthquake on structure, the reference return period must be determined and it depends on two parameters, which are specific for the structure itself: the design working life and the importance class; in accordance with CEI EN 50119:2021-01, clause D.9.1.2, for the contact line system they have the following values:

- design working life: $V_N = 50$ years;
- importance class: II, to which corresponds the use factor $C_U = 1,0$ (according to NTC 2018, Tab. 2.4.II).

The reference return period for the seismic action V_R on the contact line system can therefore be calculated according to NTC 2018, clause 2.4.3: $V_R = V_N \cdot C_U = 50$ years.

The probability of exceedance of the seismic action in the reference return period P_{VR} can hence be determined and it depends on the envisaged limit state: in case of SLV, NTC 2018, Tab. 3.2.I states $P_{VR} = 0,1$.

The return period of the earthquake T_R is finally calculated in conformity with the regulations from NTC 2018, clause 3.2.1: $T_R = -V_R / \ln(1 - P_{VR}) = 474,56$ years ≈ 475 years.

Three parameters which characterize the earthquake depend on value T_R ; they are stated in NTC 2018, clause 3.2:

- a_g : design ground acceleration;
- F_0 : maximum value of the amplification factor of the horizontal acceleration response spectrum;
- T_C^* : reference value for calculating the upper limit of the period of the constant spectral horizontal acceleration branch.

Annex B to Decreto del Ministero delle Infrastrutture 14 gennaio 2008 [8], which is still valid although NTC 2018 came into force, states the values of the aforementioned parameters for 10751 points on the Italian territory, which form the so-called "reference grid".

For the site under investigation, the closest point of the grid can be considered (ID: 16695); it is characterized by the following values:

- geographical coordinates: LON 8,8684, LAT 44,445;
- a_g : $0,682 \frac{g}{10} = 0,0682g$;
- F_0 : 2,52;
- T_C^* : 0,29s.

In order to take into account the stratigraphic and topographic features of the site, a simplified approach can be adopted; it considers three factors, based on the categories defined by NTC 2018, Tab. 3.2.II and 3.2.III:

cato che, sulla base delle categorie definite dalle Tab. 3.2.II e 3.2.III delle NTC 2018, considera tre coefficienti:

- S_s : coefficiente di amplificazione stratigrafica, calcolato secondo le formule di cui alla Tab. 3.2.IV delle NTC 2018;
- C_c : coefficiente che modifica il valore del periodo T_c , calcolato secondo le formule di cui alla Tab. 3.2.IV delle NTC 2018;
- S_T : coefficiente di amplificazione topografica, ricavato dalla Tab. 3.2.V delle NTC 2018.

Per il caso in studio essi valgono:

- $S_s = 1,7 - 0,6 \cdot F_0 \cdot \frac{ag}{g} = 1,5969$, da ridurre a 1,5, in considerazione dei limiti prescritti dalla Tab. 3.2.IV;
- $C_c = 1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33} = 1,5798$;
- $S_T = 1$.

Sulla base dei parametri finora determinati e in accordo alle prescrizioni del paragrafo 3.2.3.2.1 delle NTC 2018, si possono calcolare i valori dei tre periodi degli spettri in corrispondenza dei quali si verificano:

- l'inizio del tratto ad accelerazione costante (T_B);
- l'inizio del tratto a velocità costante (T_C);
- l'inizio del tratto a spostamento costante (T_D).

Nel caso in oggetto, essi assumono i seguenti valori:

- $T_c = C_c \cdot T_c^* = 0,4581s$;
- $T_B = T_c/3 = 0,1527s$;
- $T_D = 4,0 \cdot \frac{ag}{g} + 1,6 = 1,873s$.

Si possono infine calcolare gli spettri di risposta elastici in accelerazione delle componenti orizzontali e della componente verticale del sisma, in base alle prescrizioni rispettivamente del paragrafo 3.2.3.2.1 e del paragrafo 3.2.3.2.2 delle NTC 2018.

6.5 Esempio 5: calcolo della pressione aerodinamica generata dal transito dei treni su un palo

6.5.1. Dati di input

Distanza faccia palo – rotaia più vicina: $DR = 2,25\text{ m}$

Scartamento del binario: $s = 1,435\text{ m}$ (scartamento standard)

Velocità di fiancata della linea: $V = 200\text{ km/h}$

Tipologia palo: LSU 14

6.5.2. Procedimento di calcolo

La pressione aerodinamica viene calcolata in accordo al paragrafo 5.2.2.6.1 delle NTC 2018; dipende innanzitutto dalla velocità della linea e dalla distanza a_g tra il centro del binario e la faccia del palo.

Un ruolo non trascurabile viene altresì giocato dalla forma aerodinamica del treno: poiché su una linea con velocità di fiancata pari a 200 km/h possono circolare anche

- S_s : stratigraphic amplification factor, calculated in accordance with the formulas as per NTC 2018, Tab. 3.2.IV;
- C_c : factor which modifies the value of the period T_c calculated in accordance with the formulas as per NTC 2018, Tab. 3.2.IV;
- S_T : topographic amplification factor, derived from NTC 2018, Tab. 3.2.V.

For the case under analysis, they assume the following values:

- $S_s = 1,7 - 0,6 \cdot F_0 \cdot \frac{ag}{g} = 1,5969$, to be reduced to 1,5, considering the limits prescribed by Tab. 3.2.IV;
- $C_c = 1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33} = 1,5798$;
- $S_T = 1$.

On the basis of the parameters above determined and in conformity with the regulations from NTC 2018, clause 3.2.3.2.1, it is possible to calculate the values of the three periods of spectra where occur:

- the lower limit of the period of the constant spectral acceleration branch (T_B);
- the upper limit of the period of the constant spectral acceleration branch (T_C);
- the beginning of the constant displacement response range of the spectrum (T_D).

In our specific situation, they have the following values:

- $T_c = C_c \cdot T_c^* = 0,4581s$;
- $T_B = T_c/3 = 0,1527s$;
- $T_D = 4,0 \cdot \frac{ag}{g} + 1,6 = 1,873s$.

At the end, the elastic acceleration response spectra of the seismic horizontal components and of the seismic vertical component can be calculated, according to the regulations from NTC 2018, clause 3.2.3.2.1 and clause 3.2.3.2.2 respectively.

6.5 Example 5: calculation of the dynamic pressure on mast due to running trains

6.5.1. Input data

Distance mast surface – closest rail: $DR = 2,25\text{ m}$

Track gauge: $s = 1,435\text{ m}$ (standard gauge)

Design line speed: $V = 200\text{ km/h}$

Mast type: LSU 14

6.5.2. Calculation process

The aerodynamic pressure is calculated in conformity with NTC 2018, clause 5.2.2.6.1; first of all, it depends on the line speed and on the distance a_g between the track centre and the mast surface.

A non-negligible effect is even played by the aerodynamic shape of the train: since on a railway line with the design

“treni con forme aerodinamiche sfavorevoli”, quali possono essere i treni merci, la cui massima velocità è 120 km/h, è necessario valutare le pressioni associate a entrambe le velocità.

Dalla Fig. 5.2.8 delle NTC 2018, considerando $a_g = DR + s/2 = 2,968m$, si ricavano i seguenti valori caratteristici di pressione, come illustrato nella Fig. 6:

- per $V = 120 \text{ km/h}$: $q_{1k} = 0,19 \text{ kN/m}^2$;
- per $V = 200 \text{ km/h}$: $q_{1k} = 0,54 \text{ kN/m}^2$.

La pressione agente sul palo vale: $Q_w = k_1 \cdot k_2 \cdot q_{1k}$, ove:

- k_1 dipendente dalla forma aerodinamica del treno;
- $k_2 = 1,3$, poiché la larghezza del palo LSU 14 è $\leq 2,5 \text{ m}$.

Si hanno pertanto due casi:

speed of 200 km/h can run even “trains with unfavourable aerodynamic shapes”, like freight trains, whose maximum speed is 120 km/h, an evaluation of pressures related to both speeds is needed.

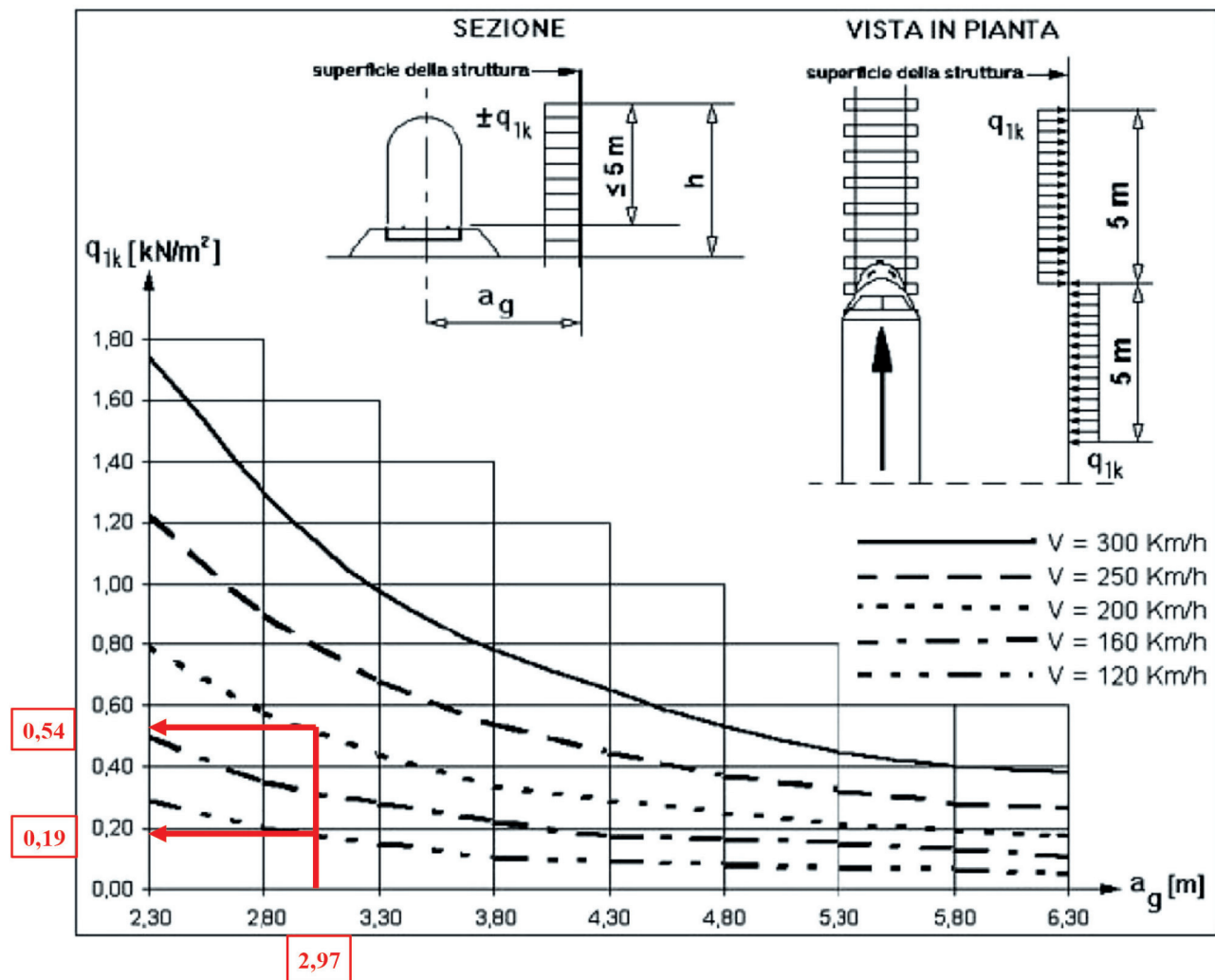
Considering $a_g = DR + s/2 = 2,968m$, the following characteristic pressure values can be drawn from NTC 2018, figure 5.2.8, as shown in Fig. 6:

- for $V = 120 \text{ km/h}$: $q_{1k} = 0,19 \text{ kN/m}^2$;
- for $V = 200 \text{ km/h}$: $q_{1k} = 0,54 \text{ kN/m}^2$.

The pressure acting on the mast is equal to: $Q_w = k_1 \cdot k_2 \cdot q_{1k}$ where:

- k_1 depending on the aerodynamic shape of the train;
- $k_2 = 1,3$, as the width of the mast LSU 14 is $\leq 2,5 \text{ m}$.

Hence, two cases occur:



(Fonte - Source: NTC 2018, Fig. 5.2.8)

Figura 6 – Determinazione di q_{1k} .
Figure 6 – Calculation of q_{1k} .

- per $V = 120 \text{ km/h}$: “treni con forme aerodinamiche sfavorevoli”, caratterizzati da $k_1 = 1$, e quindi $Q_w = k_1 \cdot k_2 \cdot q_{1k} = 247 \text{ N/m}^2$;
- per $V = 200 \text{ km/h}$: “convogli formati da carrozze con sagoma arrotondata”, caratterizzati da $k_1 = 0,85$, e quindi $Q_w = k_1 \cdot k_2 \cdot q_{1k} = 597 \text{ N/m}^2$.

La pressione aerodinamica da considerare per il dimensionamento del palo è ovviamente la massima tra le due sopra calcolate e deve essere applicata alla struttura secondo le indicazioni della figura 5.2.8 delle NTC 2018; poiché è un'azione variabile, deve essere opportunamente combinata con le altre azioni variabili che si manifestano nei diversi casi di carico.

7. Conclusioni

A fronte della nuova edizione della versione europea, che presenta un'impostazione sostanzialmente immutata e una serie di modifiche volte a definire meglio e ad approfondire alcuni aspetti, abbiamo la nuova edizione della versione italiana, che, invece, introduce una novità significativa e sostanziale: l'Allegato D; nell'ambito dei calcoli delle strutture per il sistema linea di contatto, esso ha lo scopo di rendere compatibile l'approccio previsto a livello europeo con le prescrizioni definite dalle NTC 2018, fornendo indicazioni basate anche sull'esperienza derivante dall'esercizio degli impianti esistenti.

- for $V = 120 \text{ km/h}$: “trains with unfavourable aerodynamic shapes”, with $k_1 = 1$, and consequently $Q_w = k_1 \cdot k_2 \cdot q_{1k} = 247 \text{ N/m}^2$;
- for $V = 200 \text{ km/h}$: “trains made up of coaches with rounded profile”, with $k_1 = 0,85$, and consequently $Q_w = k_1 \cdot k_2 \cdot q_{1k} = 597 \text{ N/m}^2$.

The aerodynamic pressure to be considered for the dimensioning of the mast is evidently the maximum one between the values above calculated and must be applied to the structure according to the indications as per NTC 2018, figure 5.2.8; since it is a variable action, it must be properly combined with the other variable actions which occur at the various load cases.

7. Conclusion

In comparison with the new edition of the European version, which presents an approach substantially unchanged and a series of modifications aimed at better defining and examining closely some aspects, the new edition of the Italian version introduces, on the other hand, an important and essential innovation: Annex D; for what concern the calculation of the structures for the contact line system, it pursues the goal of making consistent the approach defined at the European level with the regulations stated by NTC 2018, providing indications even based on the experience derived from the operations of the existing plants.

BIBLIOGRAFIA - REFERENCES

- [1] www.ceinorme.it.
- [2] www.cenelec.eu.
- [3] www.iec.ch.
- [4] IEC 60913 – “Railway applications – Fixed installations – Electric traction overhead contact lines”.
- [5] Legge 1 Marzo 1968 n°186 – “Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici”.
- [6] EN 50125-2 – “Railway applications – Environmental conditions for equipment – Part 2: Fixed electrical installations”.
- [7] CEI EN 50341-2-13 – “Linee elettriche aeree con tensione superiore a 1 kV in c.a. – Parte 2-13: Aspetti Normativi Nazionali (NNA) per l'Italia (basati sulla EN 50341-1:2012)”.
- [8] Ministero delle Infrastrutture – “Decreto 14 gennaio 2008 Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni”.