



## Criteri per il raggruppamento in famiglie di ruote monoblocco per la qualifica di prodotto

### *Criteria for family grouping of monoblock wheels for product qualification*

Dott. Ing. Luigi ARUTA<sup>(\*)</sup>

Dott. Ing. Adriano DI DOMENICANTONIO<sup>(\*\*)</sup>

Dott. Ing. Rocco FEMIA<sup>(\*\*)</sup>

Dott. Ing. Luca LABBADIA<sup>(\*)</sup>

Dott. Ing. Paolo MASINI<sup>(\*)</sup>

#### 1. Introduzione

La ruota rappresenta l'interfaccia meccanica tra il materiale rotabile e l'infrastruttura ferroviaria, e pertanto riveste un ruolo fondamentale ai fini della sicurezza d'esercizio. In particolare la presente memoria fa riferimento alle ruote monoblocco, che rappresentano la massima parte delle ruote in esercizio (l'utilizzo di ruote con cerchi riportati è ristretto a specifici rotabili di limitate prestazioni), e per le quali è prevista una complessa procedura di "Qualifica di Prodotto" (QdP), disciplinata dalla norma EN 13262 [1]; tale procedura è mirata a qualificare una data ruota, prodotta per la prima volta da un dato fabbricante adottando un dato processo produttivo, ed è pertanto applicabile a ruote monoblocco il cui disegno/progetto sia già stato validato, mediante un adeguato metodo di calcolo [2] [3] oppure in virtù di un ampio e referenziato utilizzo su reti europee; secondo la EN 13262 [1] il processo di QdP è (in sintesi) articolato in due macro-fasi:

- valutazioni e prove di laboratorio preliminari, che culminano con il rilascio di una qualifica "provvisoria";
- monitoraggio in esercizio di un dato quantitativo di ruote (prova d'esercizio).

Al termine, con esito positivo, della prova d'esercizio (la cui durata minima è 2 anni) la ruota testata consegue la QdP "definitiva", una sorta di lasciapassare tecnico che consente, alla ruota testata, di poter essere utilizzata con regolarità sui rotabili dell'impresa ferroviaria committente.

L'iter di una QdP è molto lungo, oltretutto oneroso; il sistema ne risulterebbe quindi notevolmente penalizzato

#### 1. Introduction

The wheel is the mechanical interface between the rolling stock and railway infrastructure, and thus plays a key role in operational safety. This paper refers in particular to monoblock wheels, that represent the maximum part of the wheels in operation (the use of wheels with fitted rims is restricted to specific rolling stock of limited performance), and for which there is a complex "Product Qualification" (PQ) procedure, governed by standard EN 13262 [1]; this procedure is aimed to qualify a given wheel, produced for the first time by a given manufacturer adopting a given production process, and is therefore applicable to monoblock wheels whose design / project has already been validated by an appropriate method of calculation [2] [3] or by virtue of an extensive and referenced use on European networks; according to standard EN 13262 [1] the PQ process is (in short) organized in two macro-phases:

- preliminary assessments and laboratory tests, culminating with the release of a "provisional" qualification;
- monitoring during operation of a given quantity of wheels (operating test).

At the end, with positive results, of the operating test (with a minimum duration of 2 years) the tested wheel follows the "final" PQ, a sort of technical pass that allows the tested wheel to be used regularly on the enterprise client railway rolling stock.

The process of a PQ is very long, as well as onerous; the system would result thereby greatly penalised if the PQ achieved by a manufacturer should be valid for a single wheel identification; the same standard EN 13262 [1] aimed at providing a solution to this problem, specifying

<sup>(\*)</sup> Trenitalia S.p.A. – Direzione Tecnica.

<sup>(\*\*)</sup> Trenitalia S.p.A. – Direzione Logistica Industriale.

<sup>(\*)</sup> Trenitalia SpA - Technical Management.

<sup>(\*\*)</sup> Trenitalia SpA - Industrial Logistics Management.

## OSSERVATORIO

se la QdP conseguita da un fabbricante dovesse essere valida per un unico identificativo di ruota; a tale problematica prova a fornire una soluzione la stessa EN 13262 [1], specificando che un nuovo processo di QdP deve essere attivato (oltre che per ogni cambiamento nel processo produttivo) nel caso che la nuova ruota abbia *“geometria sensibilmente diversa (forma e spessore della cartella, diametro, ecc.) rispetto a ruote già qualificate per lo stesso fabbricante”*; tale indicazione, seppur vaga, apre la possibilità di definire un dominio / perimetro di validità delle QdP di ruote monoblocco.

Pertanto, nel rispetto della EN 13262 [1], Trenitalia ha introdotto una serie di parametri / valori / criteri oggettivi che consentono di definire univocamente il *dominio di validità* di una QdP conseguita *“sul campo”*, sviluppando quindi il concetto di *“famiglia”*; in altre parole, una volta testata e qualificata una data ruota, la QdP del fabbricante deve ritenersi estesa, in maniera pressoché *“automatica”*, a tutte le ruote caratterizzate da parametri / valori che rientrano nel *“perimetro”* predefinito, vale a dire a tutte le ruote appartenenti alla stessa *“famiglia”* (a condizione di utilizzare lo stesso processo produttivo e che non siano necessarie validazioni progettuali); l'applicazione di tali principi consente un notevole risparmio in termini di tempi / costi / risorse, e nello stesso tempo il prodotto finale, rappresentato da ruote qualificate sia *sul campo* sia *“per familiarità”*, garantisce un livello di sicurezza ottimale, esigenza questa prioritaria rispetto a qualsiasi altra; con tale consapevolezza Trenitalia ha impostato ed avviato una gara di considerevole portata, mirata ad ampliare il proprio parco di fornitori *“qualificati”* e ad aprire in definitiva il mercato *“ruote”*; l'obiettivo di tale percorso è quello di ridurre non solo i costi manutentivi, ma anche i rischi tipici in situazione di *“monofornitore”*, con conseguente incremento di affidabilità del prodotto e dell'intero processo.

Nella presente memoria vengono descritti i principali criteri/parametri utilizzati per la creazione delle famiglie.

### 2. Famiglie di ruote monoblocco per tipologia di sale (portanti e motrici)

La suddivisione *“primaria”* è stata fatta in funzione del tipo di *sala montata* [4]:

- Famiglie di ruote monoblocco per sale *“Portanti”*;
- Famiglie di ruote monoblocco per sale *“Motrici”*.

È ovvio che la seconda tipologia sottende, in linea generale, condizioni più gravose (carichi per asse, complessità geometriche della sala, ecc.).

### 3. Famiglie di ruote monoblocco per sale portanti

Trenitalia ha individuato n. 5 parametri in grado di caratterizzare adeguatamente le tipologie di ruote mono-

*that a new PQ process must be activated (in addition to any change in the production process) in the case that the new wheel has “appreciably different geometry to qualified wheels from this supplier (shape and thickness of web, diameter, etc.)”; such indication, albeit vague, opens the possibility to define a domain / perimeter of validity of the PQ of monoblock wheels.*

*Therefore, in compliance with standard EN 13262 [1], Trenitalia has introduced a number of parameters / values / objective criteria that allow to uniquely define the domain of validity of a PQ achieved “in the field” developing the concept of “Family”; in other words, once a given wheel is tested and qualified, the PQ of the manufacturer must be considered extended, in an almost “automatic” way, to all the wheels characterised by parameters / values that fall in the default “perimeter”, i.e. to all the wheels belonging to the same “family” (provided the same production process is used and that design validations are not required); the application of these principles allows considerable saving in terms of time / cost / resources, and at the same time the final product, represented by wheels qualified both in the field and “for familiarity”, ensures an optimum safety level, a priority need more than any other; with this awareness Trenitalia set and began a significant tender, targeted to expand its “qualified” supplier base and ultimately open the “wheel” market; the aim of such a path is to reduce not only maintenance costs, but also the typical risks in a “single supplier” situation, with consequent increase of reliability of the product and of the whole process.*

*This paper describes the main criteria / parameters used for the creation of families.*

### 2. Families of monoblock wheels by wheelset type (trailer and motor)

*The “primary” subdivision was made depending on the type of [4]:*

- Families of monoblock wheels per *“Trailer”* wheelsets;
- Families of monoblock wheels per *“Motor”* wheelsets.

*It is obvious that the second type subtends, in general, more severe conditions (loads per axle, the geometric complexity of the wheelset, etc.).*

### 3. Families of monoblock wheels for trailer wheelsets

*Trenitalia has identified n° 5 parameters to characterise adequately the types of monoblock wheels for trailer wheelsets, marking them, each with a (progressive) letter of the alphabet.*

*Table 1 provides a diagram and a description both of these parameters and of the classes in which each of them was divided.*

*With reference to the criteria chosen for the division:*

## OSSERVATORIO

blocco per sale portanti, contrassegnandoli, ognuno, con una lettera (progressiva) dell'alfabeto.

Nella tabella 1 viene fornita una schematizzazione e una descrizione sia di tali parametri sia delle classi in cui è stato suddiviso ognuno di essi.

Con riferimento ai criteri scelti per la suddivisione:

➤ Parametri A, C → le classi individuate sono direttamente riconducibili alla EN13262 [1].

➤ *Parameters A, C → the identified classes are directly attributable to EN13262 [1].*

➤ *Parameter B → the identified classes characterise the type of wheel operation and that of the entire rolling stock.*

➤ *Parameters D, E → characterise the geometry of the wheel; in particular:*

- *for the D parameter (wheel diameter) [5] the choice of thresholds for separating the 3 classes takes into*

TABELLA 1 – TABLE 1

Ruote monoblocco per sale portanti  
Monoblock wheels for trailer wheelsets

Parametri Parameters			Classi Classes		
Identificazione Identification	Denominazione Name	Descrizione Description	Identificazione Identification	Descrizione Description	Note Notes
A	Categoria Category	Funzione della velocità del rotabile in conformità ad EN 13262 <i>Function of the rolling stock speed in accordance to EN 13262</i>	A.1	Categoria 1 → rotabili con velocità > 200 km/h <i>Category 1 → rolling stock with speed &gt; 200 km/h</i>	Applicabile solo alla classe B.1 <i>Applicable only to class B.1</i>
			A.2	Categoria 2 → rotabili con velocità ≤ 200 km/h <i>Category 2 → rolling stock with speed ≤ 200 km/h</i>	
B	Tipologia di rotabili <i>Rolling stock type</i>	Rotabili adibiti al trasporto passeggeri e al trasporto merci <i>Rolling stock for passenger and wagons</i>	B.1	Rotabili / Veicoli passeggeri → sale frenate a disco <i>Rolling stock / Passenger vehicles → disc braking wheelsets</i>	
			B.2	Carri → sale frenate a ceppi <i>Wagons → wheelsets braking with blocks</i>	Applicabile solo alla classe A.2 <i>Applicable only to class A.2</i>
C	Acciaio Steel	Acciai previsti nel campo di applicazione della EN 13262 <i>Steels provided within the scope of EN 13262</i>	C.1	ER6	
			C.2	ER7	
			C.3	ER8	
			C.4	ER9	
D	Diametro ruota Wheel diameter	Diametro Ø della ruota a nuovo (riferito al circolo di rotolamento) <i>Ø diameter of the new made wheel (referring to the rolling circle)</i>	D.0	Ruote speciali Ø ≤ 380 mm (prive di cartella) <i>Special wheels Ø ≤ 380 mm (without web)</i>	Utilizzate su alcune tipologie di carri <i>Used on certain types of wagons</i>
			D.1	Ø < 840 mm	
			D.2	Ø ≥ 840 mm	
E	Geometria cartella Web geometry	Complessità geometrica della cartella <i>Geometric complexity of the web</i>	E.1	Geometria semplice <i>Simple geometry</i>	
			E.2	Geometria media complessità <i>Moderately complex geometry</i>	
			E.3	Geometria complessa <i>Complex geometry</i>	
			E.4	Geometria speciale (ad esempio cartella con fori) <i>Special geometry (e.g. web with holes)</i>	

## OSSERVATORIO

- Parametro B → le classi individuate caratterizzano il tipo di esercizio di ruota / sala montata e dell'intero rotabile.
- Parametri D, E → caratterizzano la geometria della ruota; in particolare:
  - per il parametro D (diametro ruota) [5] la scelta dei valori limite per separare le 3 classi tiene conto delle peculiarità delle ruote monoblocco per sale portanti appartenenti al parco Trenitalia:
    - “ruotine” (di diametro 360 mm e 380 mm) il cui utilizzo è limitato ai cosiddetti carri ultrabassi (adibiti al trasporto auto), a diffusione europea;
    - ruote di piccolo diametro (essenzialmente 730 mm e 760 mm) utilizzate su alcuni tipi di carri, anch'essi a diffusione europea;
    - ruote di medio-grande diametro ( $\varnothing \geq 840$  mm), utilizzate per l'allestimento di tutte le altre tipologie di sale portanti (carri, carrozze, ecc.);
  - per il parametro E la scelta delle quattro classi indicate in Tabella 1 è stata fatta tenendo conto (con riferimento alle ruote monoblocco per sale portanti più significative del parco Trenitalia) delle principali caratteristiche geometriche della cartella, ottenendo così:
    - tre classi legate alla complessità geometrica (semplice, media, elevata), essenzialmente dipendente dal grado di ondulazione /inclinazione della cartella;
    - l'ultima classe (“speciale”) che raggruppa i casi di geometria particolari, di cui quello più significativo è la presenza di fori in cartella; a tal proposito si tenga presente che (a differenza delle sale motrici) per le sale portanti la presenza di fori in cartella è un caso alquanto raro (si citano, ad esempio, le ruote per sale portanti del treno Minuetto, le cui cartelle sono forate per permettere l'alloggiamento dei dischi freno).

#### 4. Famiglie di ruote monoblocco per sale motrici

Anche per le sale motrici Trenitalia ha individuato n. 5 parametri in grado di caratterizzare adeguatamente le tipologie di ruote monoblocco, sulla falsariga di quanto visto per le sale portanti.

Nella tabella 2 viene fornita, con riferimento appunto alle sale motrici, una schematizzazione e una descrizione sia dei parametri sia delle classi in cui è stato suddiviso ognuno di essi.

Con riferimento ai criteri scelti per la suddivisione:

- Parametri AM, CM → le classi individuate sono direttamente riconducibili alla EN13262 [1].

*account the peculiarities of monoblock wheels for trailer wheelsets belonging to the Trenitalia fleet:*

- “small wheels” (360 mm and 380 mm diameter), whose use is limited to the so-called ultra-low wagons (used for car transport), European-wide;
- wheels of small diameter (essentially 730 mm and 760 mm) used on certain types of wagons, which are also European-wide;
- medium-large diameter wheels ( $\varnothing \geq 840$  mm), used for the preparation of all the other types of trailer wheelsets (wagons, carriages, etc.);
- *for parameter E the choice of the four classes specified in table 1 was made taking into account (with reference to the monoblock wheels for the most significant trailer wheelsets of the Trenitalia fleet) the main geometric characteristics of the web, thus obtaining:*
  - three classes related to the geometric complexity (simple, medium, high), essentially dependent on the degree of ripple / inclination of the web;
  - the last class (“special”) which includes special geometry cases, of which the most significant is the presence of holes in the web; in this regard please note that (unlike for driving wheelsets) for trailer wheelsets the presence of holes in the web is a rather rare case (quoting, for example, the trailer wheelsets of the Minuetto train, whose web are drilled to allow the housing of the brake discs).

#### 4. Families of monoblock wheels for motor wheelsets

*For motor wheelsets Trenitalia also identified n° 5 parameters able to adequately characterise the types of monoblock wheels, along the lines of what was seen for the trailer wheelsets.*

*With reference precisely to the motor wheelsets, table 2 provides a schematisation and a description both of the parameters and of the classes into which each of them has been divided.*

*With reference to the criteria chosen for the division:*

- *Parameters AM, CM → the identified classes are directly attributable to EN13262 [1].*
- *Parameter BM → the identified classes characterise the type of operation of the motor wheelset.*
- *Parameters DM, EM → characterise the geometry of the wheel; in particular:*
  - *for the DM parameter (wheel diameter) the choice of the limit value (1000 mm) to separate the two classes takes into account the peculiarities of the monoblock wheels for motor wheelsets, among the most important ones belonging to the Trenitalia fleet:*
    - *average diameter wheels: max 890 mm (used for cer-*



## OSSERVATORIO

TABELLA 2 – TABLE 2

Ruote monoblocco per sale motrici  
*Monoblock wheels for motor wheelsets*

Parametri Parameters			Classi Classes		
Identificazione Identification	Denominazione Name	Descrizione Description	Identificazione Identification	Descrizione Description	Note Notes
AM	Categoria Category	Funzione della velocità del rotabile in conformità ad EN 13262 <i>Function of the speed of the rolling stock in accordance with EN 13262</i>	AM.1	Categoria 1 → rotabili con velocità > 200 km/h <i>Category 1 → rolling stock with speed &gt; 200 km/h</i>	Applicabile solo alla classe BM.1 <i>Applicable only to class BM.1</i>
			AM.2	Categoria 2 → rotabili con velocità ≤ 200 km/h <i>Category 2 → rolling stock with speed ≤ 200 km / h</i>	
BM	Tipo frenatura Braking type	Funzione del tipo di frenatura della sala motrice <i>Function of the braking type of the motor wheelset</i>	BM.1	Frenatura a disco <i>Disc braking</i>	
			BM.2	Frenatura a ceppi <i>Block braking</i>	Applicabile solo alla classe AM.2 <i>Applicable only to class AM.2</i>
CM	Acciaio Steel	Acciai previsti nel campo di applicazione della EN 13262 <i>Steels provided within the scope of EN 13262</i>	CM.1	ER6	
			CM.2	ER7	
			CM.3	ER8	
			CM.4	ER9	
DM	Diametro ruota Wheel diameter	Diametro Ø della ruota a nuovo (riferito al circolo rotolamento) <i>Ø diameter of the new made wheel (referring to the rolling circle)</i>	DM.1	Ø ≤ 1000 mm	
			DM.2	Ø > 1000 mm	
EM	Geometria cartella Web geometry	Complessità geometrica della cartella <i>Geometric complexity of the web</i>	EM.1N	Geometria semplice e Assenza fori <i>Simple geometry and Absence of holes</i>	
			EM.2N	Geometria media complessità e Assenza fori <i>Moderately complex geometry and Absence of holes</i>	
			EM.1F	Geometria semplice e Presenza fori <i>Simple geometry and Presence of holes</i>	
			EM.2F	Geometria media complessità e Presenza fori <i>Moderately complex geometry and Presence of holes</i>	
			EM.S	Geometria speciale (es. ad elevata complessità) <i>Special geometry (e.g. high complexity)</i>	

- Parametro BM → le classi individuate caratterizzano il tipo di esercizio della sala motrice.
- Parametri DM, EM → caratterizzano la geometria della ruota; in particolare:
  - per il parametro DM (diametro ruota) la scelta del

*tain High Speed rolling stock) or 850 mm (with reference to “category 2” wheels, used for Minuetto trains);*

*– large diameter wheels: min 1040 mm (used for certain High Speed rolling stock) or 1100 mm (with reference to “category 2” wheels, used for TAF*

## OSSERVATORIO

valore limite (1000 mm) per separare le due classi tiene conto delle peculiarità delle ruote monoblocco per sale motrici, tra quelle più significative appartenenti al parco Trenitalia:

- ruote di medio diametro: max 890 mm (utilizzate per taluni rotabili Alta Velocità) opp. 850 mm (con riferimento alle ruote “categoria 2”, utilizzate per treni Minuetto);
- ruote di grande diametro: min 1040 mm (utilizzate per taluni rotabili Alta Velocità) opp. 1100 mm (con riferimento alle ruote “categoria 2”, utilizzate per treni TAF e per diverse locomotive elettriche, come E.464, E.414, E.405, E.412, ecc.);
- per il parametro EM la scelta delle cinque classi indicate in tabella 2 è stata fatta tenendo conto (con riferimento alle ruote monoblocco per sale motrici più significative del parco Trenitalia) delle principali caratteristiche geometriche della cartella, ottenendo così:
  - quattro classi legate alla complessità geometrica (semplice, media), combinata con l'assenza/presenza di fori in cartella; la “complessità” viene correlata principalmente al grado di ondulazione della cartella; la presenza di fori in cartella (nelle sale motrici molto più diffusa che nelle sale portanti) può essere motivata dalla necessità di alloggiare i dischi freno in cartella (come nel caso delle sale della loco E.402B, del Minuetto, ecc.) oppure di consentire il passaggio dei perni di trasmissione del moto; con riferimento a quest'ultimo caso si citano ad esempio le sale per E.405, E.412, E.464; per tutti i locomotori appena indicati, la trasmissione è progettata per scaricare il moto su un'unica ruota della sala, con la conseguenza che ogni sala motrice è costituita da una ruota con fori in cartella ed una ruota, identica per le altre caratteristiche /quote geometriche, ma priva di fori in cartella;
  - l'ultima classe (“speciale”) che raggruppa i casi particolari, come può essere ad esempio un'elevata ondulazione della cartella (si tenga infatti presente che nel caso di ruote per sale motrici tale caratteristica si riscontra molto più raramente rispetto a quelle portanti).

### 5. Estensione delle Qualificazioni a ruote monoblocco con cartelle geometricamente più semplici

L'impostazione (per le sale sia portanti sia motrici) data all'ultimo parametro (rispettivamente E ed EM) è tale che se un fabbricante qualifica “sul campo” una ruota la cui cartella presenta una certa complessità geometrica, la QdP può essere estesa, pressoché in automatico, a una “famiglia” caratterizzata dagli identici parametri A,B,C,D

*trains and for several electric locomotives, such as E.464, E.414, E.405, E.412, etc.);*

- *for parameter EM the choice of the five classes specified in table 2 was made taking into account (with reference to the monoblock wheels for the most significant motor wheelsets of the Trenitalia fleet) the main geometric characteristics of the web, thus obtaining:*
  - *four classes related to the geometric complexity (simple, medium), combined with the absence/presence of holes in the web; the “complexity” is related mainly to the degree of undulation of the web; the presence of holes in the web (much more widespread in motor wheelsets than in the trailer wheelsets) can be motivated by the need to house the brake discs in the web (as in the case of wheelsets of the E.402B locomotive, the Minuetto, etc.) or to allow the passage of the motion transmission pins; for the latter case for example the wheelsets for E.405, E.412, E.464 are quoted; for all locomotives just indicated, the transmission is designed to discharge the motion on a single wheel of the wheelset, with the result that each motor wheel set is constituted by a wheel with holes in the web and a wheel, identical in the other features / geometric units, but devoid of holes in the web;*
  - *the last (“special”) class which includes particular cases, as may be for example a high ripple of the web (bear in mind that in the case of wheels for motor wheelsets this characteristic is found much more rarely than in the trailer ones).*

### 5. Extension of Qualifications to monoblock wheels with geometrically simpler web

*The setting (for both the trailer and motor wheelsets) given by the last parameter (respectively E and EM) is such that if a manufacturer qualifies “in the field” a wheel whose web has a certain geometrical complexity, the PQ can be extended, almost automatically, to a “family” characterised by identical parameters A, B, C, D (trailer wheelsets) or AM, BM, CM, DM (motor wheelsets) of a wheel qualified “in the field” and:*

- *by a web with a lower degree of geometric complexity;*
- *or (in the case of qualification in the field obtained for a wheel with perforated web of the motor wheelset) by a web with the same degree of complexity but devoid of holes.*

*Therefore, in principle, with all the same other PQ identifications (that is to say of the “classes” of the first 4 parameters), achieving “in the field” the PQ for a class wheel:*

- *E.3 → the PQ extends to the wheels of families characterised by class E.2 and by class E.1;*
- *E.2 → the PQ extends to the wheels of the family characterised by class E.1;*

## OSSERVATORIO

(sale portanti) opp. AM,BM,CM,DM (sale motrici) della ruota qualificata “sul campo” e:

- da cartella con minor grado di complessità geometrica;
- oppure (nel caso di qualifica sul campo ottenuta per ruota con cartella forata di sala motrice) da cartella con lo stesso grado di complessità ma priva di fori.

Pertanto, in linea di principio, a parità di tutti gli altri identificativi della QdP (vale a dire delle “classi” dei primi 4 parametri), conseguendo “sul campo” la QdP per una ruota di classe:

- E.3 → la QdP si estende alle ruote delle famiglie caratterizzate dalla classe E.2 e dalla classe E.1;
- E.2 → la QdP si estende alle ruote della famiglia caratterizzata dalla classe E.1;
- EM.2N → la QdP si estende alle ruote della famiglia caratterizzata dalla classe EM.1N;
- EM.1F → la QdP si estende alle ruote della famiglia caratterizzata dalla classe EM.1N;
- EM.2F → la QdP si estende alle ruote delle famiglie caratterizzate dalla classe EM.1N, dalla classe EM.2N e dalla classe EM.1F

(oltre ovviamente alle ruote della stessa famiglia).

In definitiva, al fine di minimizzare le spese legate ai processi di Qualifica di Prodotto, è conveniente qualificare *sul campo* una ruota geometricamente complessa (ivi compresa l'eventuale presenza di fori in cartella) e conseguire “in cascata” (senza oneri aggiuntivi) la QdP per ruote/famiglie caratterizzate (a parità di altri identificativi) da una cartella geometricamente più semplice.

### 6. Esempi di designazione di famiglie

A titolo esemplificativo, nel presente paragrafo (in particolare nelle tabelle 3 e 4) si riportano dati caratteristici e codifica della famiglia di appartenenza per alcune ruote tipiche (sale portanti /motrici) del parco Trenitalia, e precisamente:

- (Sala portante) Ruota per sala SD94/m:
  - la sala SD94/M è montata su carrozze di ampio utilizzo sul territorio nazionale (tipo Z1, Gran Confort, Piano Ribassato, ecc.);
- (Sala motrice) Ruota con cartella forata e con cartella priva di fori per sala Loc. E.464:
  - la E.464 è una locomotiva di ampio utilizzo per la realizzazione dei treni regionali; la sala della E.464 è appunto costituita da una ruota con fori di trasmissione e una ruota priva di tali fori (vedere §.4).

In tabella 4 si riporta quindi la codifica completa delle suddette ruote (e delle famiglie ad esse correlate) e una notazione sintetica adottata (per comodità) in ambito Trenitalia.

- EM.2N → the PQ extends to the wheels of the family characterised by class EM.1N;
- EM.1F → the PQ extends to the wheels of the family characterised by class EM.1N;
- EM.2F → the PQ extends to the wheels of families characterised by class EM.1N, by class EM.2N and by class EM.1F

(in addition of course to the wheels of the same family).

Ultimately, in order to minimise the costs related to the Product Qualification processes, it is convenient to qualify a geometrically complex wheel in the field (including any presence of holes in the web) and achieve “in cascade” (without any additional cost) the PQ for wheels / families characterised (at equal other identification) by a geometrically simpler web.

### 6. Examples of designation of Families

By way of example, this paragraph (in particular tables 3 and 4) shows characteristic data and encoding of the same group family for some typical wheels (trailer / motor wheelsets) of the Trenitalia fleet, namely:

- (Trailer wheelset) Wheel per wheelset SD94 /m:
  - the SD94/M wheelset is mounted on carriages widely used throughout the country (Z1, Grand Confort, Lowered Floor type, etc.);
- (Motor wheelset) Wheel with drilled web and with web without holes for the locomotive wheelset E.464:
  - the E.464 is a locomotive broadly used for the implementation of regional trains; the E.464 wheelset is in fact constituted by a wheel with transmission holes and a wheel without such holes (see §.4).

Table 4 shows the full encoding of these wheels (and families related to them), and a brief notation adopted (for convenience) within Trenitalia.

Fig. 1 finally shows sketches of sections and photos of the three wheels mentioned above.

### 7. Requirements of a monoblock wheel

In the case that a manufacturer requests Trenitalia to submit its own wheel to the “Product Qualification” process in accordance with standard EN 13262 [1], the steps required for a PQ “in the field”, summarised in the Introduction, are essentially:

1. preliminary document assessment, including design requirements [2] [3] [6] [7];
2. assessment of site, equipment and the production process (including product control equipment);
3. running, at accredited laboratories [8], of adequate “laboratory tests” and achievement of “provisional” PQ Certificate;

## OSSERVATORIO

TABELLA 3 – TABLE 3

Esempi di ordinamento in Famiglie di alcune tipologie di ruote monoblocco  
*Family sorting examples of some types of monoblock wheels*

Ruota / sala montata <i>Wheel / wheelset</i>	A opp. AM <i>A or AM</i>	B opp. BM <i>B or BM</i>	C opp. CM <i>C or CM</i>	D opp. DM <i>D or DM</i>	E opp. EM geometria cartella <i>E or EM web geometry</i>
<b>SD94/M</b>	Velocità = 200 km/h ↓ classe <b>A.2</b> <i>Speed = 200 km/h</i> ↓ class <b>A.2</b>	Frenatura a disco ↓ classe <b>B.1</b> <i>Disc braking</i> ↓ class <b>B.1</b>	Acciaio ER7 ↓ classe <b>C.2</b> <i>ER7 steel</i> ↓ class <b>C.2</b>	Ø = 940 mm ↓ classe <b>D.2</b> <i>Ø = 940 mm</i> ↓ class <b>D.2</b>	Media complessità ↓ classe <b>E.2</b> <i>Medium complexity</i> ↓ class <b>E.2</b>
<b>E.464</b> (cartella forata) <b>E.464</b> (perforated web)	Velocità < 200 km/h ↓ classe <b>AM.2</b> <i>Speed &lt; 200 km/h</i> ↓ class <b>AM.2</b>	Frenatura a disco ↓ classe <b>BM.1</b> <i>Disc braking</i> ↓ class <b>BM.1</b>	Acciaio ER7 ↓ classe <b>CM.2</b> <i>ER7 steel</i> ↓ class <b>CM.2</b>	Ø = 1100 mm ↓ classe <b>DM.2</b> <i>Ø = 1100 mm</i> ↓ class <b>DM.2</b>	Semplice con fori ↓ classe <b>EM.1F</b> <i>Simple with holes</i> ↓ class <b>EM.1F</b>
<b>E.464</b> (cartella senza fori) <b>E.464</b> (web without holes)					Semplice senza fori ↓ classe <b>EM.1N</b> <i>Simple without holes</i> ↓ class <b>EM.1N</b>

TABELLA 4 – TABLE 4

Esempi di codifica Famiglie di ruote monoblocco  
*Examples of Family encoding of monoblock wheels*

Ruota /sala montata <i>Wheel / wheelset</i>	Famiglia di appartenenza <i>Group Family</i>		Note <i>Notes</i>
	Codifica completa <i>Full encoding</i>	Notazione sintetica <i>Concise notation</i>	
<b>SD94/M</b>	A2 -B1 -C2 -D2 -E2	Famiglia <b>2</b> <i>Family 2</i>	
<b>E.464</b> (cartella forata) <b>E.464</b> (drilled web)	AM2 -BM1 -CM2 -DM2 -EM1F	Famiglia <b>M6</b> <i>Family M6</i>	La QdP per la <b>Famiglia M7</b> può essere ottenuta "in cascata" qualificando <i>sul campo</i> una ruota di <b>Famiglia M6</b> (ad es.: ruota con cartella forata sala E.464) <i>The PQ for Family M7 can be obtained "in cascade" qualifying a wheel of Family M6 (e.g.: wheel with drilled web for E.464 wheelset) in the field</i>
<b>E.464</b> (cartella senza fori) <b>E.464</b> (web without holes)	AM2 -BM1 -CM2 -DM2 -EM1N	Famiglia <b>M7</b> <i>Family M7</i>	

In fig. 1 si riportano infine schizzi delle sezioni e foto delle tre suddette ruote.

### 7. Requisiti di una ruota monoblocco

Nel caso che un fabbricante richieda a Trenitalia di sottoporre una propria ruota al processo di "Qualifica di Prodotto", in conformità alla norma EN 13262 [1], le fasi previste per una QdP "sul campo", sintetizzate nell'Introduzione, sono essenzialmente:

1. valutazione documentale preliminare, ivi compresi i requisiti progettuali [2] [3] [6] [7];

4. supply of a given quantity of wheels ("qualification batches") → related commissioning and monitoring during operation (operating test).

At the end, of the last successful phase the tested wheel achieves the "final" PQ Certificate.

In essence, the EN 13262 [1] standard defines a number of requirements, of different nature, for the "wheel product" that in the process of PQ must all be verified and certified: design, construction, performance, mechanical and geometric characteristics, material properties, etc.. For most of these requirements standard EN 13262 [1] refers to international standards, and together



## OSSERVATORIO

2. valutazione del sito, delle apparecchiature e del processo produttivo (ivi comprese le attrezzature di controllo del prodotto);
3. esecuzione, presso Laboratori accreditati [8], di adeguate “prove di laboratorio” e conseguimento dell’attestato di QdP “provvisoria”;
4. fornitura di un dato quantitativo di ruote (“lotti di qualificazione”) → relativa messa in servizio e monitoraggi in esercizio (prova d’esercizio).

Al termine, con esito positivo, dell’ultima fase la ruota testata consegue l’Attestato di QdP “definitiva”.

In sostanza la EN 13262 [1] definisce per il “prodotto ruota” una serie di requisiti, di varia natura, che in fase di QdP devono essere tutti verificati e certificati: progettuali, costruttivi, prestazionali, caratteristiche meccaniche, geometriche, proprietà del materiale, ecc. Per la maggior parte di tali requisiti la EN 13262 [1] fa riferimento a norme internazionali, ed insieme ad esse ne definiscono le condizioni applicative (ad es. modalità di campionamento, di prova/verifica, criteri di accettabilità, ecc.). Alcuni di tali requisiti (in particolare caratteristiche meccaniche, geometriche, proprietà del materiale) continueranno ad essere verificati anche successivamente al conseguimento della QdP, vale a dire per l’attestazione dei “lotti di normale fornitura” (anche se con campionamenti a volte ridotti).

A titolo d’esempio, con riferimento alle caratteristiche meccaniche (prove essenzialmente distruttive):

- alcune prove (poche ma onerose), come quelle di *fatica* (su ruota intera) [1] [9] e la misura di *tensioni residue* (in corona) [1], devono essere sostenute solo in fase di QdP;
- altre prove, come *durezza* [10], *trazione* [11], *resilienza* [12], *tenacità alla frattura* [13], sono invece richieste anche per le forniture di serie (fase di “normale fornitura”); esse testano in massima parte le caratteristiche della *corona*, che rappresenta l’interfaccia ruota / rotaia.

Ancora a titolo d’esempio, e con riferimento alle verifiche d’integrità mediante esami ultrasonori [14] [15] (prove non distruttive):

- gli esami della *corona* devono essere eseguiti sia in fa-

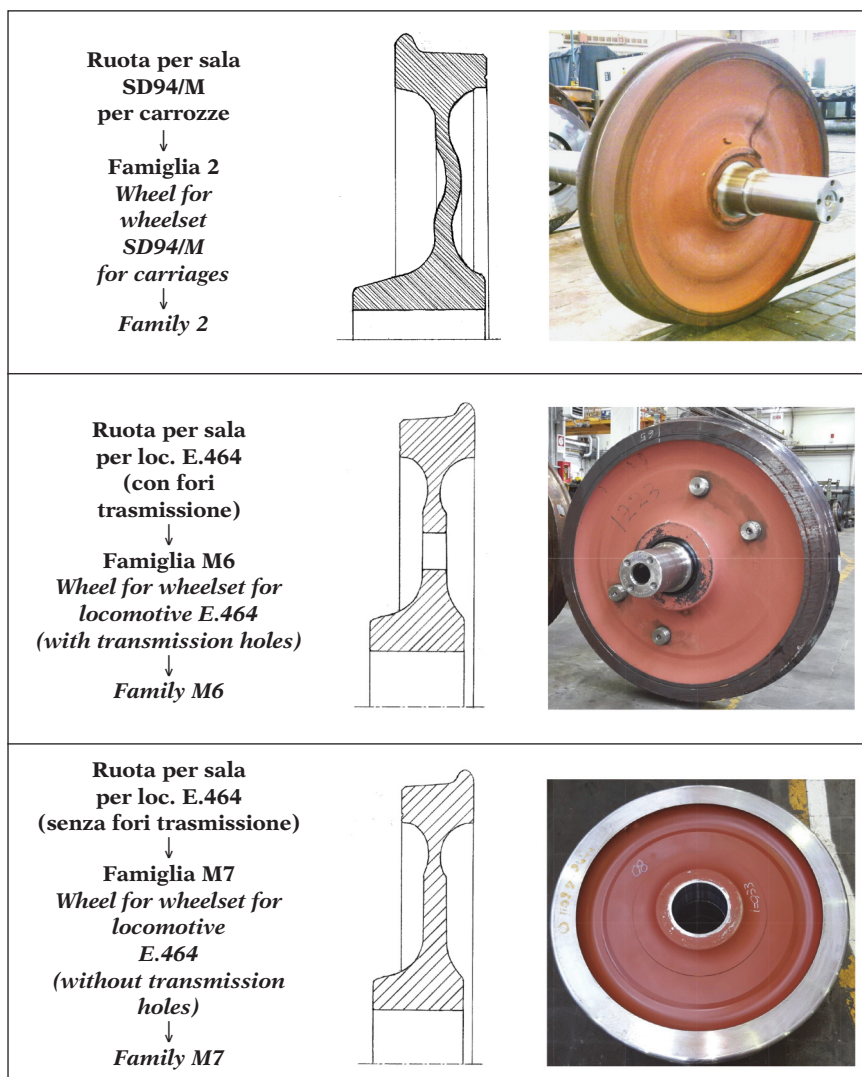


Fig. 1 - Esempi di ruote / famiglie.  
Fig. 1 - Examples of wheels / families.

with them the application conditions are defined (e.g. sampling, test/verification method, acceptability criteria, etc.). Some of these requirements (in particular mechanical and geometric characteristics, material properties) also continue to be verified subsequent to the achievement of the PQ, namely for the certification of “normal supply batches” (even if at times with reduced sampling).

By way of example, with reference to the mechanical characteristics (essentially destructive tests):

- some tests (few but expensive), such as fatigue ones (on the entire wheel) [1] [9] and the extent of residual stress (in the rim) [1], should be incurred only in the PQ process;
- other tests, such as hardness [10], traction [11], resilience [12], fracture toughness [13], are also required for standard supplies (“normal supply” phase); they test

## OSSERVATORIO

se di QdP sia per le “normali forniture”, ed in entrambi i casi sul 100% delle ruote prodotte e mediante impianti automatici;

- gli esami del *mozzo* e della *cartella* devono essere eseguiti solo in fase di QdP ed entrambi possono anche essere manuali.

A fronte di un prospetto così dettagliato e cospicuo di prove d'accettazione “a nuovo” (da eseguire in fase di QdP e di normale fornitura), la EN 13262 [1] è invece alquanto lacunosa per quanto concerne il *monitoraggio delle ruote in esercizio*, durante la 4<sup>a</sup> ed ultima fase della QdP, imponendo solo poche (ma fondamentali) limitazioni, come la durata minima della *prova d'esercizio* (2 anni) e la quantità massima di ruote in prova (1000 per ogni QdP); così Trenitalia, muovendosi negli ambiti prescritti, ha definito, per ogni “Famiglia” di ruote, adeguate frequenze e programmi di prove in esercizio; le suddette prove possono essere schematicamente suddivise in:

- *prove per verifica usura ed integrità della corona, comprendenti:*
  - ispezioni visive e misure di parametri geometrici rappresentativi dell'usura della corona e dell'alterazione del profilo di rotolamento;
  - controlli ultrasonori per verifiche d'integrità della corona;
- *prove per verifica danneggiamenti originati dall'azione frenante (solo per ruote frenate a ceppi)*, mirate anche a stabilire se essi possano essere imputabili a inadeguatezze nel ciclo di fabbricazione della ruota:
  - ispezioni visive e misure di parametri geometrici che possono essere alterati in conseguenza dell'azione frenante dei ceppi sul piano di rotolamento;
  - misure dello stato tensionale in corona mediante apposite tecniche ultrasonore.

Per tutte, le modalità di prova ed i criteri di accettabilità sono gli stessi di quelli usualmente applicati da Trenitalia in occasione degli interventi manutentivi, e che sono in linea con le indicazioni della norma europea UNI EN 15313 [16].

### 8. Conclusioni

I punti sviluppati hanno principalmente illustrato criteri e modalità seguiti da Trenitalia per raggruppare in famiglie le ruote monoblocco; al momento Trenitalia ha attivato processi di Qualifica di Prodotto, mirati all'apertura del mercato a nuovi fornitori, per ruote di Categoria 2, destinate quindi a rotabili con velocità  $\leq 200$  km/h.

L'auspicio è che l'esigenza di raggruppare con criteri univoci le ruote, ai fini di semplificare i percorsi di QdP, venga recepita anche in sede normativa europea, e che il lavoro sviluppato da Trenitalia possa rappresentare un utile contributo per la condivisione di uno standard eu-

mostly the characteristics of the rim, which is the wheel/rail interface.

Again by way of example, and with reference to the verification of integrity by means of ultrasound examinations [14] [15] (non destructive testing):

- examinations of the rim must be carried out both during the PQ and for “regular supplies”, and in both cases on 100% of the wheels produced and by means of automatic installations;
- examinations of the hub and of the web must be carried out only in the PQ phase and both can also be manual.

Against such a detailed and conspicuous prospectus with “new-made” acceptance tests (to run in the PQ and normal supply phase), standard EN 13262 [1] is instead significantly incomplete with regard to the monitoring of wheels in operation, during the 4<sup>th</sup> and final phase of the PQ, requiring only a few (but important) limitations, such as the minimum duration of the operating test (2 years) and the maximum amount of wheels under test (1000 for each PQ); hence Trenitalia, moving in the prescribed areas, defined suitable frequencies and operation testing programmes for every “Family” of wheels; these tests can be broadly divided into:

- tests for verification of wear and integrity of the rim, comprising:
  - visual inspections and measurements of geometrical parameters representative of wear of the rim and of alteration of the rolling profile;
  - ultrasonic inspections for integrity checks of the rim;
- tests for damage verification originated by the braking action (only for block braking wheels), also aimed to establish whether they can be attributed to inadequacies in the wheel manufacturing cycle:
  - visual inspections and measurements of geometric parameters that can be altered as a result of the block braking action on the rolling surface;
  - measures of the stress in the rim by means of special ultrasonic techniques.

For all, the test methods and acceptance criteria are the same as those usually applied by Trenitalia on the occasion of maintenance operations, and that are in line with the indications of European standard EN 15313 [16].

### 8. Conclusions

The points developed mainly explained criteria and methods followed by Trenitalia to group monoblock wheels in families; currently Trenitalia has activated the Product Qualification processes, aimed at opening the market to new suppliers, for category 2 wheels, destined to rolling stock with a speed of  $\leq 200$  km / h.

The hope is that the need to group wheels with unique criteria, for the purpose of simplifying the PQ paths, is also

## OSSERVATORIO

ropeo. Tale standard rappresenterebbe per tutti un'importante opportunità di crescita: per le imprese ferroviarie (come Trenitalia), di cui si è già detto, ma anche per i più validi e competenti costruttori, che magari oggi incontrano difficoltà ad uscire da mercati "di nicchia" (per espansione territoriale e per tipologia di prodotti), e che avrebbero la possibilità di fare breccia in nuovi mercati, referenziati non più della QdP conseguita per una data ruota, magari di uso limitato ad una data Rete e quindi poco spendibile, ma della QdP conseguita per una data famiglia, caratterizzata da un dominio di validità di una certa ampiezza e rispondente a criteri *marcati* "EN", quindi univocamente definiti e mutuamente riconosciuti.

*adopted by the European legislation, and that the work developed by Trenitalia will be a useful contribution to the sharing of one European standard. Such standard would represent an important growth opportunity for all: for railway undertakings (such as Trenitalia), as already discussed, but also for the most valid and competent manufacturers, who may now find it difficult to get out of "niche markets" (for territorial expansion and type of product), and that would be able to make inroads into new markets, no longer referenced by the PQ achieved for a given wheel, perhaps of limited use to a given Network and therefore hardly usable, but by the PQ achieved for a given family, characterised by a domain of validity of a certain scale and meeting criteria marked, "EN", therefore uniquely defined and mutually recognised.*

### BIBLIOGRAFIA - REFERENCES

- [1] EN 13262: *Railway applications – Wheelsets and bogies – Wheels - Product requirements*, marh 2011.
- [2] UNI EN 13979-1: *Applicazioni ferroviarie – Sale montate e carrelli – Ruote monoblocco – Procedura per l'approvazione tecnica – Parte 1: Ruote laminate e fucinate*, maggio 2011.
- [3] UIC 510-5: *Homologation technique des roues monobloc – Document d'application de la norme EN 13979-1*, mai 2007.
- [4] UNI EN 13260: *Applicazioni ferroviarie - Sale montate e carrelli - Sale montate - Requisiti del prodotto*, gennaio 2011.
- [5] UIC 510-2: *Matériel remorqué: roues et essieux montés - Conditions concernant l'utilisation des roues de différents diamètres*, mars 2004.
- [6] UNI EN 14363: *Applicazioni ferroviarie - Prove per l'accettazione delle caratteristiche di marcia dei veicoli ferroviari - Prove di comportamento dinamico e statico*, settembre 2005.
- [7] ERRI B169 RP17: *Standardisation des essieux. Définition des paramètres pour le calcul des roues en thermomécanique. Corrélation calcul -essais*, juillet 2003.
- [8] UNI CEI EN ISO IEC 17025: *Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e taratura*, ottobre 2007.
- [9] ERRI B169 RP9: *Standardisation des essieux. Définition du cahier des charges des roues. Dimensionnement mécanique*, gennaio 1998.
- [10] EN ISO 6506-1: *Metallic materials – Brinell hardness test – Part 1: Test method*, 2005.
- [11] EN 10002-1: *Metallic materials – Tensile testing – Part 1: Method of test at ambient temperature*.
- [12] EN 10045-1: *Metallic materials – Charpy impact test – Part 1: Test method*.
- [13] ASTM E399.90: *Standard test method for plane-strain fracture toughness of metallic materials*, 1997.
- [14] ISO 5948: *Railway rolling stock material – Ultrasonic acceptance testing*, 1994.
- [15] UNI EN ISO 9712: *Qualificazione e certificazione del personale addetto alle Prove non Distruttive*, ottobre 2012.
- [16] UNI EN 15313: *Applicazioni ferroviarie - Requisiti per l'impiego in esercizio delle sale montate - Manutenzione delle sale montate in esercizio e fuori opera*, luglio 2010.