



Progettazione ed esecuzione di un innovativo impianto di illuminazione a LED della nuova stazione ferroviaria sotterranea di Torino-Porta Susa

Design and execution of innovative LED lighting system for the new Porta Susa underground rail station in Turin

Dott. Ingg. Giovanni Mario CAVALLERO^(*), Raffaella TERRANDO^(**),
Paride PETRACCA^(***), Anna QUATTROCCOLO^(***)

1. Premessa

Il progetto di illuminazione della stazione sotterranea di Porta Susa si inserisce in un più ampio disegno a livello nazionale che prevede la radicale trasformazione, sia strutturale sia funzionale, di tutte le stazioni interessate dall'alta velocità, attraverso una riqualificazione degli spazi interni che coinvolge anche lo studio dell'illuminazione naturale ed artificiale.

Le stazioni ferroviarie infatti non rappresentano più meri luoghi di transito, porte di ingresso e di uscita della città, ma vanno configurandosi come luoghi simbolo della contemporaneità, della capacità di costruire il progresso, pulsanti di attività sia di trasporto che commerciali. Sempre meno luoghi di passaggio, sempre più luoghi dove soffermarsi, nuove piazze urbane ricche di espressività e di elementi che favoriscano l'aggregazione e gli scambi sociali.

Per la progettazione dell'illuminazione di Porta Susa quindi uno degli obiettivi principali è stato raggiungere l'equilibrio ottimale tra sicurezza, per chi lavora e per chi viaggia, e accoglienza, dal momento che la Stazione è uno dei principali punti di ingresso alla città di Torino. Si è quindi ricercato il massimo della qualità illuminotecnica e del comfort visivo, senza dimenticare considerazioni sulla tonalità di colore della luce e sulla valorizzazione del contesto architettonico nelle sue parti più rappresentative, con possibili successive implementazioni sia tecniche sia qualitative.

2. Le scelte progettuali

L'innovativo sistema di illuminazione della nuova sta-

^(*) Italferr S.p.A. – Direttore Lavori.

^(**) Italferr S.p.A. – Direzione Lavori.

^(***) Schreder S.p.A.

1. Introductory statements

The project for the illumination of Porta Susa underground station is part of a wider national plan that envisages the radical transformation, both structural and operational, of all the stations involved in the high-speed network by means of the redevelopment of the interior spaces, which also implies the study of natural and artificial lighting.

In fact, railway stations are no longer merely places of transit, and entry and exit points to the city; nowadays, they are being configured as places that symbolize contemporaneity and the ability to build progress, with a hive of activities relating both to transport and business. Less and less, they are places for people to pass through, and more and more places for them to stop for a break: new urban squares rich in expressiveness and in elements that favour aggregation and social exchanges.

For the design of the Porta Susa illumination, hence, one of the primary objectives was to reach the best possible equilibrium between safety, for those who work there and for travellers, and welcome, considering that the Station is one of Turin's principal entry points. Thus, we have sought the greatest lighting technique quality and visual comfort, without neglecting considerations on the colour tonality of the light and on the valorisation of the architectural context in the most representative parts, with possible subsequent technical and qualitative implementations.

2. The design choices

The innovative lighting system for the new Porta Susa

^(*) Italferr S.p.A. – Direttore Lavori.

^(**) Italferr S.p.A. – Direzione Lavori.

^(***) Schreder S.p.A.

zione sotterranea di Porta Susa nasce da esigenze, opportunità e volontà che sono via via emerse a partire dalla fase di campionatura *in loco* del sistema di illuminazione tradizionale originariamente previsto dal progetto Definitivo del 2003 prima ed Esecutivo del 2005 poi che prevedeva l'impiego di apparecchi a luce bianca equipaggiati già con sorgenti a ioduri metallici per l'illuminazione delle banchine centrali e della banchina del binario 1 (fig. 1)

underground station arises from the requirements, opportunities and determination which gradually emerged right from the sampling phase *in loco* of the traditional lighting system originally envisaged by the Definitive project of 2003 firstly, and the Executive from 2005 subsequently. This latter envisaged the use of white-light apparatus already equipped with metal halide sources for lighting the central platforms and platform 1 (fig. 1) and of a continu-

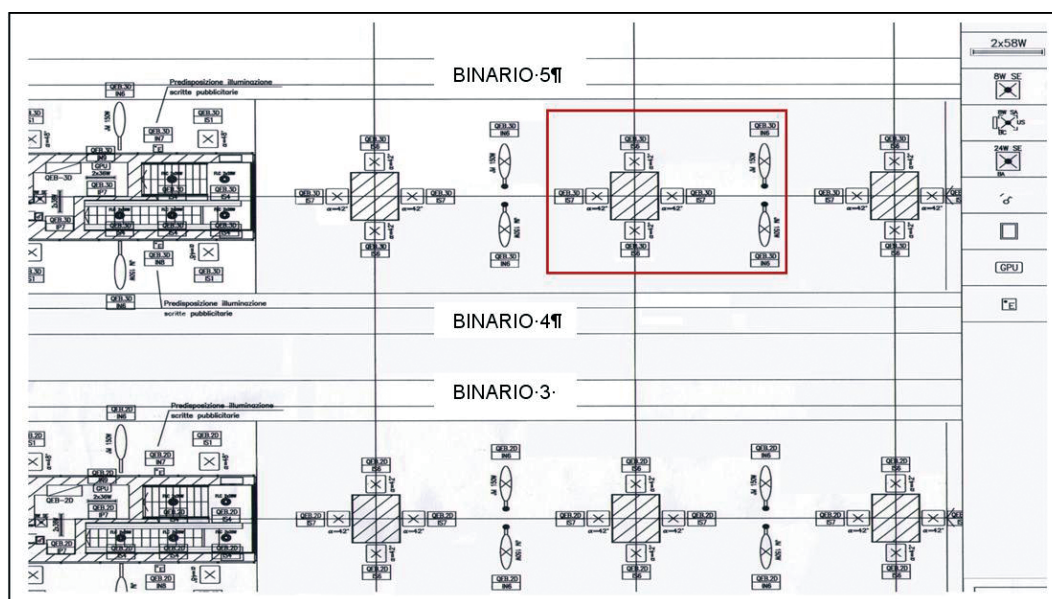


Fig. 1 - Progetto esecutivo: illuminazione banchine dei binari 3, 4 e 5 con apparecchi a ioduri metallici. *Executive project: lighting platforms 3, 4 and 5 with metal halide sources.*

e di un sistema modulare a fila continua con lampade lineari a fluorescenza per l'illuminazione della banchina del binario 6 e dei sovrappassi (fig. 2). Apparecchi da incasso a soffitto con lampade fluorescenti compatte erano pensati per risolvere esigenze particolari in aree di disimpegno, sia a livello delle banchine sia dei sovrappassi, e in corrispondenza delle scale di collegamento tra le medesime banchine e i sovrappassi.

In termini progettuali, considerando la notevole estensione delle aree da illuminare e l'architettura della stazione sotterranea, tale sistema rappresentava un ragionevole compromesso tra necessità in alcuni casi contrastanti, quali ottenere adeguati livelli di illuminamento, uniformità e comfort visivo (aspetti già di per se non facilmente conciliabili), contenendo nello stesso tempo i consumi energetici. L'utilizzo dedicato di diverse tipologie di apparecchi e di sorgenti in base alle esigenze e alla geometria delle diverse aree costituiva una premessa corretta. I livelli di illuminamento previsti sulla base del progetto originario soddisfacevano i requisiti richiesti per le destinazio-

ous-line modular system with linear fluorescent bulbs for lighting platform 6 and the overpasses (fig. 2). Ceiling-mounted devices with compact fluorescent bulbs were designed to solve particular requirements in access areas, both at the level of the platforms and of the overpasses, and in the areas of the connecting staircases between said platforms and overpasses.

In planning terms, considering the sizable extent of the areas to be illuminated and the architecture of the underground station, this system represented a reasonable compromise between necessities which were in some cases contrasting, such as that of obtaining adequate levels of lighting, uniformity and visual comfort (aspects which by their nature are not easily reconciled), while at the same time limiting the consumption of energy. The dedicated use of several types of apparatus and sources on the basis of the requirements and the geometry of the various areas constituted a correct assumption. The lighting levels envisaged on the basis of the original project met the requisites demanded for the destinations of use; and the first sampling opera-

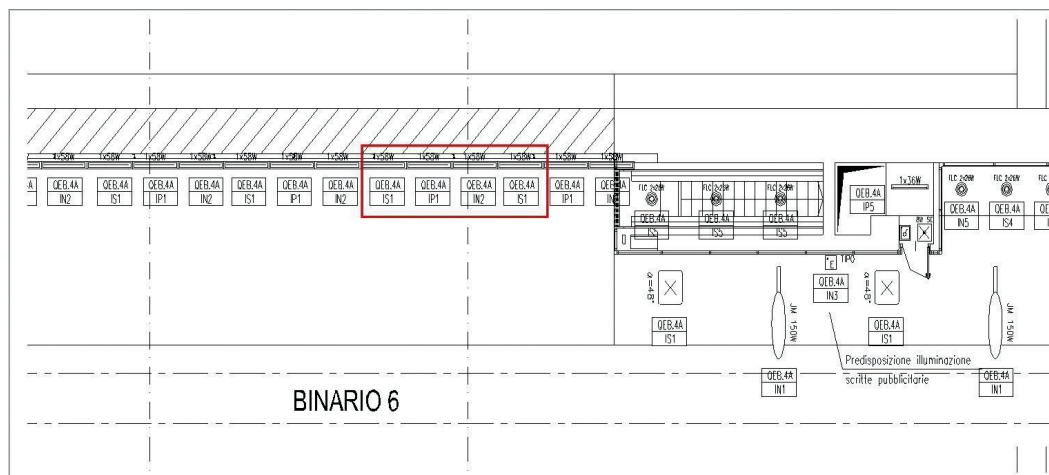


Fig. 2 - Progetto esecutivo: illuminazione banchina binario 6 con apparecchi a fluorescenza. *Executive project: lighting platform 6 with linear fluorescent bulbs.*

ni d'uso e le prime campionature installate in loco, su un tratto di circa 20 metri delle banchine centrali, hanno confermato le attese per quanto riguardava la prestazione illuminotecnica.

Tuttavia, a seguito di una serie di valutazioni compiute sull'effetto di illuminazione ottenuto con l'installazione di prova ed in particolare con l'arrivo sul mercato proprio in quel periodo di prodotti e sistemi a LED, si è ritenuto opportuno affinare lo studio relativo ai parametri richiesti, tra i quali incrementare il livello di illuminamento generale e, in particolare, dell'uniformità, ridurre il contrasto troppo netto delle ombre generate sulle banchine e vista la possibilità offerta dal mercato in quel momento, ricercare dal punto di vista estetico una soluzione più lineare, che conseguisse allo stesso tempo la massima funzionalità, per l'insieme degli apparecchi disposti parallelamente ai binari.

Queste considerazioni quindi, parallelamente alla vo-



Fig. 3 - La nuova stazione sotterranea di Torino Porta Susa. *New underground rail station of Turin Porta Susa.*

tions installed in loco, on a tract of approximately 20 metres of the central platforms, confirmed expectations as far as the lighting technique performance was concerned.

Nonetheless, in the wake of a series of evaluations carried out on the effect of illumination obtained with the test installation and in particular with the arrival of LED products and systems on the market in that very period, it was considered opportune to improve the research relating to the required parameters, including increasing the level of general illumination and, in particular, the level of its uniformity, to reduce the contrast that was too marked in the shadows generated on the platforms, and, considering the opportunity offered by the market at that moment, to seek a more linear solution from the aesthetic point of view, which at the same time would achieve optimum functionality, for the set of the devices arranged parallel to the platforms.

Hence, parallel with the desire to emphasize the importance and the role of the new Porta Susa station in the national and European sphere by adopting technology that was not usable heretofore and was thus absolutely innovative in that moment, which would allow the achievement of significant energy savings by lowering the environmental impact and by reducing maintenance costs to the minimum, these considerations have led to us opting for a solution using LED technology, making the underground Porta Susa the first station in the world whose public areas are entirely illuminated by LEDs (fig. 3) and making it one of the most technologically advanced stations.

3. The lighting system

Having identified LED technology as the best solution

lontà di enfatizzare l'importanza e il ruolo della nuova stazione di Porta Susa in ambito sia nazionale che europeo adottando una tecnologia fino ad allora non utilizzabile, e quindi assolutamente innovativa in quel momento, che permettesse di conseguire un notevole risparmio energetico abbattendo l'impatto ambientale e portando al minimo gli oneri di manutenzione, hanno portato ad optare per una soluzione a tecnologia LED, facendo di Porta Susa sotterranea la prima stazione al mondo le cui aree aperte al pubblico sono interamente illuminate a LED (fig. 3) e consentendole di essere una fra le stazioni più tecnologicamente avanzate.

3. Il sistema di illuminazione

Identificata la tecnologia LED come la soluzione ottimale per risolvere le esigenze di illuminazione della Stazione, è emersa la necessità di esaminare in modo specifico i vincoli architettonici che ne caratterizzano gli spazi, per individuare le tipologie di installazione più idonee.

Il volume della stazione, che si sviluppa per una lunghezza di circa 445 metri, raggiunge un'altezza massima di circa 9 metri dalla quota di calpestio delle banchine alla struttura portante di copertura e contiene sei binari passanti con relative banchine, trentadue blocchi scale (fisse e mobili) e sedici ascensori che consentono l'accesso ai quattro sovrappassi dalle banchine, collegamenti diretti tramite scale fisse e mobili e due ascensori tra i sovrappassi e Corso Inghilterra (fig. 4), e il costruendo Fabbricato Viaggiatori lato Corso Bolzano.

L'analisi è partita dalle banchine, ritenute le zone più importanti della Stazione non solo funzionalmente, essendo la principale area di sosta per i passeggeri, ma an-

for meeting the requirements of lighting the Station, the necessity has emerged of precisely examining the architectural constraints that characterize its spaces, so as to identify the most suitable types of installation.

The volume of the station, which extends for a length of approximately 445 metres, reaches a maximum height of around 9 metres from the tread height of the platforms to the load bearing structure of the covering. It contains six linking rail lines with related platforms, thirty-two stair blocks (fixed and mobile) and sixteen lifts granting access to the four platform overpasses, direct connections by means of fixed and mobile staircases and two lifts between the overpasses and Corso Inghilterra (fig. 4), and the Travellers' Building, which is being constructed on the Corso Bolzano side.

The analysis began with the platforms, which are considered the most important zones in the Station, not only functionally, being the principal gathering area for the passengers, but also at the level of economic impact, on account of the number of devices involved and the considerable installation works. Following a preliminary analysis of the types of illumination already adopted in various underground stations in Italy and in Europe, it has emerged that the most suitable type for this kind of environment is a system based on continuous metal profiles into which the lighting devices are inserted, which are also in line with the aesthetic requirements expressed by the Project. Thus, we arrived at the definition of an integrated system, which unites within itself the lighting devices with built-in power supply units, the power supply cables, the elements for the public address system and cameras for video surveillance, based on a modular profile in anodized aluminium, load-bearing and continuous, which is also adopted in the overpasses. Thanks to its special internal configuration, this profile allows the contain-

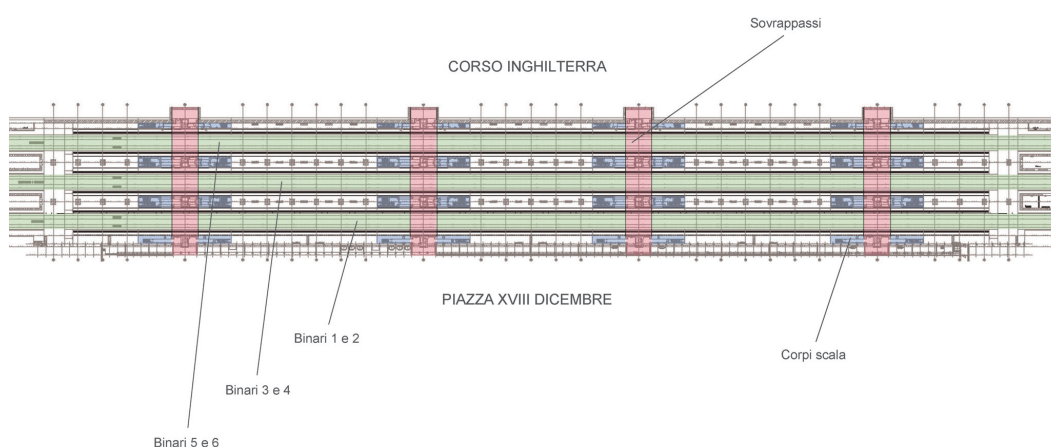


Fig. 4 - Planimetria della nuova stazione. *Plan of new rail station.*

che a livello di incidenza economica, a causa del numero di apparecchi interessati e delle consistenti opere impiantistiche. A seguito di un'analisi preliminare delle tipologie di illuminazione già adottate in varie stazioni della metropolitana in Italia e in Europa, è risultato che la tipologia più adatta per questo genere di ambienti è un sistema basato su profilati metallici continui in cui inserire gli apparecchi di illuminazione, in linea anche con le esigenze estetiche espresse dal Progetto. Si è quindi giunti alla definizione di un sistema integrato, che riunisce al suo interno gli apparecchi di illuminazione con alimentatore integrato, i cavi di alimentazione, gli elementi per la diffusione sonora e le telecamere per la videosorveglianza, basato su un profilo in alluminio anodizzato modulare, portante e continuo, adottato anche in corrispondenza dei sovrappassi. Questo profilo, grazie alla particolare configurazione interna, permette di contenere le tre linee di alimentazione elettrica previste da progetto: normale (fonte di alimentazione dalla rete di distribuzione cittadina), privilegiata (in caso di assenza della fonte normale è alimentata da Gruppo Elettrogeno) e di sicurezza (oltre alle due fonti di alimentazione precedenti è alimentata anche da UPS). Tale configurazione delle alimentazioni consente la parzializzazione del flusso durante le ore di chiusura della stazione offrendo la possibilità di mantenere accesi, come illuminazione di sicurezza, solo un terzo dei punti luce, con un conseguente notevole risparmio energetico. Inoltre, in caso di guasto alla linea di alimentazione, si riesce a garantire un'illuminazione minima per un tempo sufficiente all'evacuazione dei passeggeri. Anche in caso di interventi di manutenzione questa possibilità rappresenta un vantaggio notevole, permettendo di effettuare la sostituzione di un apparecchio o di un modulo LED guasto scollegando una sola linea di corrente (fig. 5).

La soluzione scelta per i blocchi scale consiste in un proiettore dotato di telaio esterno in alluminio e di staffe per l'ancoraggio al controsoffitto, che ha permesso una completa integrazione dell'apparecchio nel sistema di controsoffittatura realizzata con telaio in alluminio e pannelli in lamiera microforata.

Univoca è stata, invece, la scelta della sorgente e l'identificazione della taglia dell'apparecchio: tutti i blocchi ottici sono equipaggiati con 30 High Power LED da 1,2W, caratterizzati da una temperatura colore di 6000 K, molto vicina alla tonalità della luce diurna (pari a 5600 K) e adatta a rendere con fedeltà i colori scelti per gli interni della stazione, e da un'efficienza di 107 lm/W, il massimo per la tecnologia produttiva attuale, che si prevede raggiungerà nell'arco dei prossimi tre anni i 150 lm/W (fig. 6).

3.1. Banchine

Gli apparecchi che illuminano le aree delle banchine sono stati concepiti con gli accorgimenti tecnici necessari

ment of the three power supply lines foreseen under the project: normal (power supply source from the town's main grid), privileged (in the event of the absence of the normal power supply, the system is powered by a generator), and safety (as well as the two previous power supply sources, it is also powered by UPS). This configuration of the power supplies allows the partial shuttering of the light flow during the station's closing hours, offering the possibility of keeping lit, as security illumination, only one third of the light sources, with consequent substantial energy saving. Furthermore, in the event of a malfunction of the power supply line, it is possible to guarantee minimum lighting for sufficient time to evacuate the passengers. Also in the case of maintenance operations, this possibility is a significant advantage, as it allows the replacement of a device or a broken LED module while disconnecting only one power line (fig. 5).

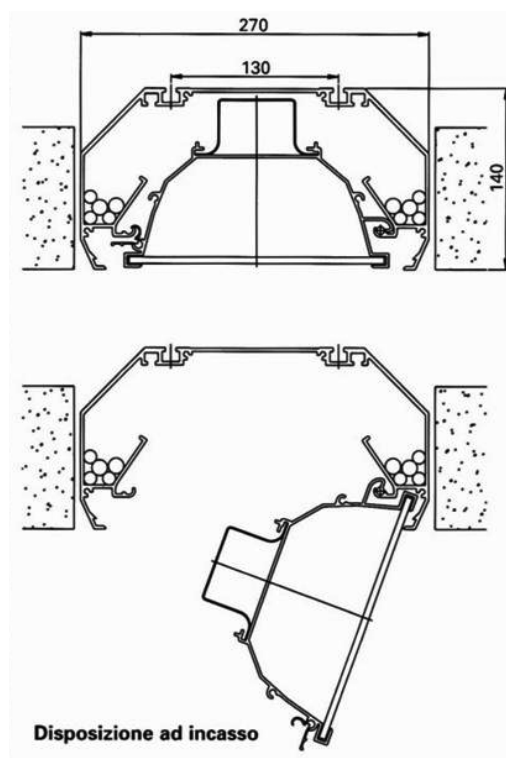


Fig. 5 - Sezione e schema di funzionamento del profilo integrato.
Section and diagram of functioning of integrated profile.

The solution chosen for the stairwells consists of a projector fitted with an external frame in aluminium and brackets for anchoring it to the false ceiling, which has allowed the complete integration of the apparatus into the false ceiling system made up of an aluminium struc-

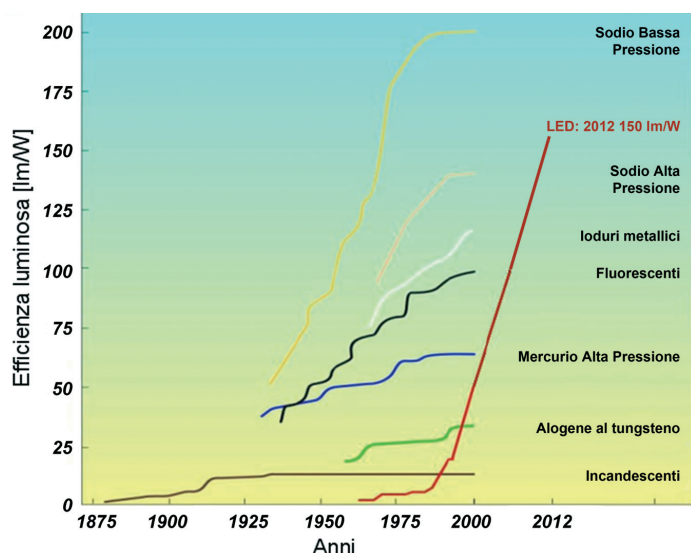


Fig. 6 - Diagramma di efficienza luminosa delle differenti tipologie di apparecchi illuminanti. *Diagram of luminous efficiency of different types of lighting apparatus.*

per il montaggio, in modo da realizzare un corpo unico per l'alloggiamento all'interno del profilo individuato. Si è ottenuta così una linea luminosa continua che garantisce un'illuminazione completa della banchina in ogni suo punto, realizzata grazie allo studio di quattro diversi modelli di staffe di supporto per compensare l'irregolarità delle altezze dei soffitti e le disomogeneità dovute alla distribuzione interna dei volumi (fig. 7).

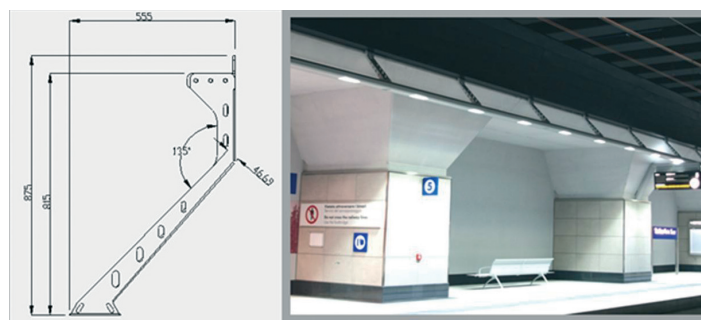


Fig. 7 - Disegno d'ingombro di una delle staffe appositamente studiate per l'ancoraggio del profilo integrato. *Drawing of the supporting specially designed to anchor the integrated profile.*

I blocchi ottici adottati in queste zone, grazie alla particolare configurazione del riflettore interno (fig. 8), permettono di mettere in risalto gli arredi previsti, costituiti da marciapiedi in pietra di Luserna e pareti in gres porcellanato senza interferire con la sede dei binari e con le luci dei treni in transito o arrivo (fig. 9).

ture and panels in microperforated sheet.

The choice of the source and the identification of the size of the apparatus was, however, unambiguous: all the optical systems are equipped with thirty 1.2W High Power LEDs, characterized by a colour temperature of 6000 K, very close to the shade of daylight (equal to 5600 K) and suitable for faithfully rendering the colours chosen for the interiors of the station, and by an efficiency of 107 lm/W, the maximum for the current production technology, which it is envisaged will reach 150 lm/W within the next three years (fig. 6).

3.1. Platforms

The devices that illuminate the areas of the platforms were conceived with the technical tactics necessary for assembly, so as to create a single body to be housed inside the identified profile. In this way, a continuous bright contour was obtained, which guarantees the complete illumination of every single point along the platform. It was achieved thanks to a study of four different models of supporting brackets to compensate the irregularity of the ceiling heights and the lack of uniformity due to the internal distribution of the volumes (fig. 7).

Thanks to the specific configuration of the internal reflector (fig. 8), the optical assemblies used in these zones manage to highlight the envisaged furnishings, consisting of footpaths in Luserna stone and walls in porcelain stone, without interfering with the bed of the rails and with the lights of the trains in transit or arriving (fig. 9).

There is a decorative note in the installation of supports with an ornamental radius placed in the area of the benches for waiting passengers, integrated with projectors which, also in this case, use LED technology (fig. 10).

3.2. Overpasses

The illumination of the overpass area is achieved by means of devices inserted inside the aforementioned mod-

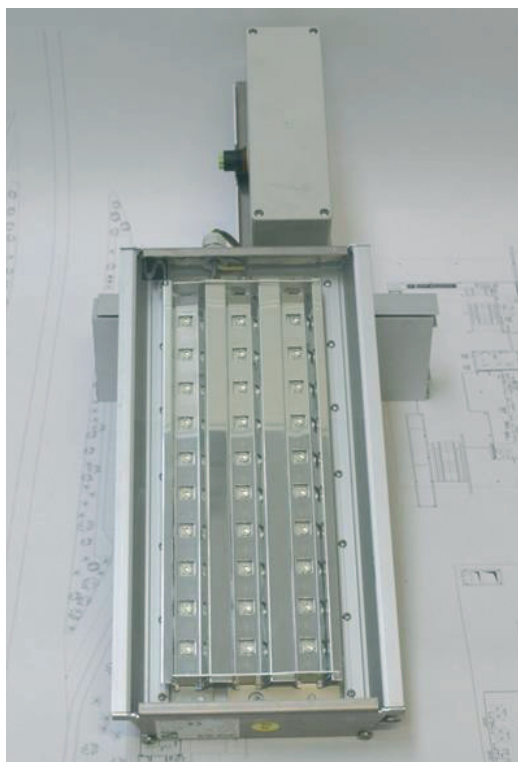


Fig. 8 - Particolare del blocco ottico. *Particular of internal reflector.*

Una nota decorativa è costituita dall'installazione di sostegni con sbraccio decorativo posti in corrispondenza delle panchine per la sosta dei passeggeri, integrati con proiettori realizzati, anche in questo caso, con tecnologia LED (fig. 10).

3.2. Sovrappassi

L'illuminazione della zona dei sovrappassi è ottenuta tramite apparecchi inseriti all'interno del profilo modulare sopra citato, che in quest'ambito si integra completamente con la controsoffittatura realizzata in pannelli di lamiera microforata. Per ottenere un'illuminazione che rispondesse ai requisiti richiesti dal progetto di base, sono stati appositamente sviluppati due componenti fondamentali dell'apparecchio: il riflettore, per ottimizzare e direzionare il flusso luminoso, e il vetro di protezione, acidato diffondente. La sinergia tra questi due elementi permette di ottenere un'illuminazione omogenea e diffusa senza zone d'ombra o effetti di abbagliamento in tutto l'ambiente (fig. 11).



Fig. 9 - Vista binari 5 e 6 con arredi e corpo scale rivestito in vetro rosso. *View platforms 5 and 6 with furniture and stairways covered with red glass.*

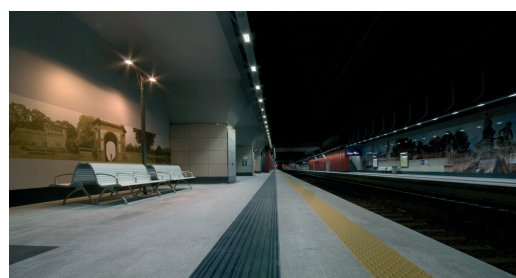


Fig. 10 - Particolare della tipologia di illuminazione prevista per le aree di sosta. *Particular of type of lighting for waiting areas.*

ular profile, which in this context is completely integrated with the false ceiling made from microperforated sheet. To obtain illumination that would meet the requirements demanded by the base project, two fundamental components of the apparatus were specially developed: the reflector, to optimize and aim the light flow, and the protection lens, which is etched and light-diffusing. The synergy between these two elements allows the production of uniform and diffused lighting throughout the entire environment without shadow zones or glare effects (fig. 11).

3.3. Stairways

One of the main problems to solve for the stairways was to avoid the manifestation of glare phenomena. Hence, an optic was used that offers uniform distribution of the flow of light, inserted within a specially created device and conceived to respond to the same characteristics demanded for those that are mounted in the overpasses, albeit differentiated in their shape. Furthermore, the system is distinctive in this setting as regards distribution, in that, in the double ramps, the disposition is a quincunx or



Fig. 11 - L'illuminazione dei sovrappassi. *Lighting of the overpasses.*

3.3. Scale

Una delle problematiche principali da risolvere per i blocchi scale è stata evitare il manifestarsi di fenomeni di abbagliamento. È stata quindi utilizzata un'ottica con distribuzione uniforme del flusso luminoso, inserita all'interno di un apparecchio realizzato *ad hoc* e concepito per rispondere alle stesse caratteristiche richieste per quelli montati nei sovrappassi, pur differenziandosi nella forma. L'impianto si contraddistingue inoltre in quest'ambito per quanto riguarda la distribuzione, in quanto, nelle rampe doppie, la disposizione è a quinconce, al fine di ottimizzare l'uniformità al suolo (fig. 12).

4. Prestazioni illuminotecniche

Il confronto illuminotecnico tra il progetto Esecutivo originale, che prevedeva l'utilizzo di singoli apparecchi a ioduri metallici o fluorescenti, e la soluzione successivamente realizzata con gli apparecchi a LED, è stato effettuato tramite una serie di simulazioni computerizzate, utilizzando le curve fotometriche specifiche per i due blocchi ottici sviluppati (fig. 13). Il principale parametro preso in considerazione è stato il valore dell'Illuminamento orizzontale (E), misurato in Lux (lx), ottenuto sui piani di calpestio di banchine, scale e sovrappassi. All'aumentare del livello di illuminamento aumenta la capacità dell'occhio di distinguere dettagli e particolari di piccole dimensioni (acuità visiva), e rappresenta quindi il primo requisito da soddisfare per lo svolgimento di un'attività in sicurezza.

I livelli di illuminamento minimi richiesti nelle aree di stazione aperte al pubblico sono definiti dagli Enti normatori, in particolare attraverso le norme UNIFER 8097 e

five-spot layout, for the purposes of optimizing uniformity on the ground (fig. 12).

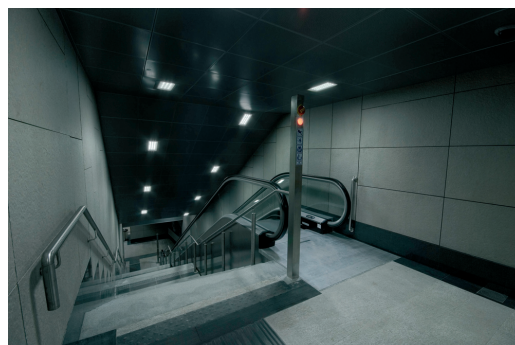


Fig. 12 - L'illuminazione delle scale. *Lighting of the stairways.*

4. Lighting technique performances

The lighting technique comparison between the original Executive project, which envisaged the use of individual metal halide or fluorescent devices, and the solution that was subsequently devised with the LED apparatus, was carried out by means of a series of computerized simulations, using the specific photometric curves for the two optical assemblies developed (fig. 13). The principal parameter taken into consideration was the value of the horizontal Illumination (E), measured in Lux (lx), obtained on the tread surfaces of the platforms, stairways and overpasses. As the lighting level increases, the eye's ability to distinguish details and small items also improves (visual acuity), and hence this is the primary requirement to be met for the safe carrying out of an activity.

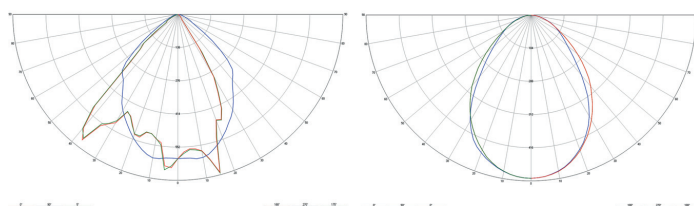


Fig. 13 - Curve fotometriche degli apparecchi: la versione asimmetrica utilizzata per le banchine, a sinistra; la versione simmetrica utilizzata per scale e sovrappassi, a destra. *Photometric curves for the two types of apparatus: asymmetric version for platforms, to the left; symmetric version for stairways and overpasses, to the right.*

The minimum levels of illumination required in the areas of the station that are open to the public are defined by the regulatory Bodies, in particular, by means of the UNIFER 8097 and UNI 8686 standards, which, for spaces with clean lighting devices, new bulbs and nominal power supply values, demand the following.

UNI 8686, che per i locali con apparecchi di illuminazione puliti, lampade nuove e con tensione di alimentazione a valore nominale richiedono quanto segue:

Nell'esecuzione del progetto illuminotecnico sono state affrontate due problematiche principali, la prima delle quali è stata la corretta identificazione dei coefficienti di riflessione dei materiali utilizzati per i diversi rivestimenti interni. La maggior parte delle aree della stazione presenta superfici in materiale lapideo grigio chiaro, mentre alcune parti, porzioni di pareti antistanti le banchine, sono ricoperte di pannelli in vetro rosso, atti a segnalare la posizione dei gruppi scala. Il confronto con le tabelle dei fattori di riflessione reperibili in letteratura ha portato all'individuazione dei valori seguenti:

Area o ambiente <i>Area or environment</i>	E_{med} [lx] <i>E_{med} [lx]</i>	Uniformità (E_{min}/E_{med}) <i>Uniformity (E_{min}/E_{med})</i>
Atrio/Sovrappassi <i>Atrium/Overpasses</i>	200÷250	0,3÷0,5
Scale <i>Stairways</i>	150	0,5÷0,7
Locali tecnici/Sottoscale <i>Technical rooms/Understairs</i>	150	0,5÷0,7
Banchine <i>Platforms</i>	200÷250	0,3÷0,5

Two principal problems were dealt with during the execution of the lighting technique project. The first of these was the correct identification of the reflection coefficients

of the materials used for the various types of internal cladding. Most of the areas in the station have surfaces in light-grey stone material, while some parts, portions of walls facing the platforms, are covered in red glass panels, which indicate the position of the stair assemblies.

The comparison with the tables of the reflection factors that can be found in the studies of the sector led to the identification of the following values.

Materiale <i>Material</i>	Coefficiente di riflessione (ρ) <i>Reflection coefficient (ρ)</i>
Pietra di Luserna / gres porcellanato grigio chiaro <i>Luserna stone / light-grey porcelain stone</i>	0,60
Vetro rosso <i>Red glass</i>	0,65

Once the calculation parameters have been established, the outcome of the simulations fully met the minimum regulatory requisites.

Una volta fissati i parametri di calcolo, l'esito delle simulazioni ha pienamente soddisfatto i requisiti minimi normativi:

La seconda problematica ha coinciso con la ricerca di un buon effetto di contrasto visivo tra un corpo illuminato e il suo sfondo. Tenendo conto delle caratteristiche geometriche e fisiche dei diversi elementi, che determinano il modo secondo cui questi sono in grado di restituire la luce che li colpisce, si è deciso di posizionare gli apparecchi in modo da ottenere un livello di illuminamento verticale sulle pareti inferiore a quello orizzontale raggiunto sul pavimento, realizzando così uno sfondo scuro su cui possano meglio delinearsi le sagome di persone e oggetti illuminati.

I rilievi illuminotecnici utili per valutare la correttezza delle simulazioni computerizzate sono stati eseguiti *in loco* durante le varie fasi di avanzamento dei lavori, nelle varie aree interessate dal progetto, confermando il rispetto delle normative e superando in alcuni casi i risultati teorici (fig. 14).

5. Bilancio energetico e incidenza della manutenzione

Il sistema di illuminazione a tecnologia LED adottato permetterà all'Ente gestore di risparmiare ogni anno l'equivalente di 714.000 kWh, pari a circa il 45% del consu-

The second problem coincided with the search for a good visual contrast effect between an illuminated body and its background. Bearing in mind the geometric and physical characteristics of the diverse elements, which determine the way in which these are able to reflect the light that hits them, it was decided to position the apparatus so as to obtain a level of vertical illumination on the walls that was less than the level of the horizontal lighting that reaches the floor, thus creating a dark background against which it is easier to delineate the outlines of illuminated people and objects.

The lighting technique measurements that are useful for evaluating the accuracy of the computerized simulations were taken *in loco* during the various phases of the progress of the works, in the different areas involved in the project, confirming the observance of the regula-

Area o ambiente <i>Area or environment</i>	E_{med} [lx]	Uniformità (E_{min}/E_{med}) <i>Uniformity (E_{min}/E_{med})</i>
Atrio/Sovrappassi <i>Atrium/Overpasses</i>	332	0,3
Scale <i>Stairways</i>	273	0,5
Locali tecnici/Sottoscale <i>Technical rooms/Understairs</i>	242	0,5
Banchine <i>Platforms</i>	237	0,3

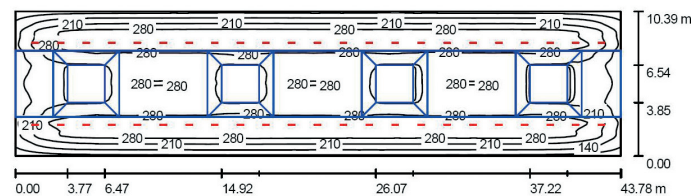


Fig. 14 - Distribuzione delle curve isolux ottenute al suolo in una delle banchine centrali.
Isolux distribution curves in the central platform.

mo energetico che avrebbe determinato la soluzione progettuale originaria a tecnologia tradizionale. Ciò si traduce ovviamente in minori costi in bolletta e, soprattutto, in circa 540 tonnellate di CO₂ evitate ogni anno.

Anche dal punto di vista della manutenzione l'utilizzo del LED costituisce un vantaggio, dovuto all'ottimizzazione di tempi e costi di intervento. Il programma di manutenzione infatti dovrebbe essere impostato, fin dal momento del progetto dell'impianto, con l'obiettivo di mantenere inalterati i livelli di illuminamento e di uniformità attraverso il minor numero di interventi possibile.

Con il passare del tempo, tutti gli apparecchi di illuminazione tendono a sporcarsi, e le sorgenti sono affette da un fisiologico decadimento di flusso luminoso dovuto all'usura e al degrado dei componenti interni. Non tutte le sorgenti risentono però in egual misura dell'effetto del decadimento: i LED ad alta potenza presentano un comportamento molto più stabile nel tempo rispetto, ad esempio, a una sorgente a ioduri metallici (fig. 15). Questa caratteristica permette di compensare gli svantaggi derivanti dall'installazione in un ambito quale una stazione sotterranea, in cui l'usura e la sporcizia accumulata sugli apparecchi sono amplificate a causa dell'intenso traffico di convogli (circa 350 treni in transito ogni giorno). È quin-

tions and in some cases exceeding the theoretical results (fig. 14).

5. Energy balance and incidence of maintenance

The LED-technology lighting system adopted will allow the managing Body to achieve an annual saving of the equivalent of 714,000 kWh, which is equal to approximately 45% of the energy consumption that would have resulted from the original project solution using traditional technology. This

clearly translates into less costly bills and, above all, into roughly 540 tonnes of CO₂ avoided each year.

From the maintenance point of view, also, the use of LEDs constitutes an advantage, owing to the optimization of time and operating costs. In fact, right from the planning of the system, the maintenance programme should be set up with the objective of

keeping the levels of illumination and uniformity unchanged, by means of the lowest number of interventions possible.

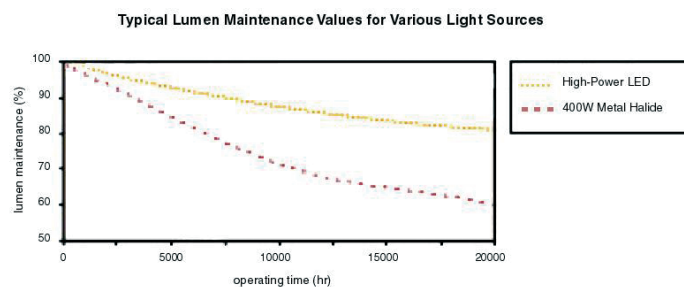
As time passes, every lighting device tends to get dirty, and the sources are affected by a physiological decline of the light flow due to wear and tear and the degradation of the internal components. However, not all sources suffer this decline to the same extent: high-power LEDs have much more stable conduct over time compared to, for example, a metal halide light source (fig. 15). This characteristic allows the offsetting of the disadvantages arising from installation in a context such as an underground station, where wear and tear and dirt accumulated on the devices are amplified on account of the intense traffic of trains (around 350 trains transit each day). It is

Parametro Parameter	u.m.	Impianto tradizionale Traditional system	Impianto a LED LED system
Assorbimento banchine Absorption on platforms	[W]	118.026	60.150
Assorbimento scale Absorption on stairways	[W]	17.952	15.228
Assorbimento sovrappassi Absorption on overpasses	[W]	25.024	16.116
Assorbimento sottoscale Absorption on understairs	[W]	18.768	6.768
Assorbimento complessivo Overall absorption	[W]	179.770	98.263
Consumo energetico orario annuo* Annual hourly energy consumption*	[kWh]	1.574.785	860.783
Consumo energetico percentuale Percentage of energy consumption			-45%
Quantità di CO ₂ prodotta per kWh** Quantity of CO ₂ produced per kWh**	[kg/kWh]	0,757	
Quantità di CO ₂ prodotta Quantity of CO ₂ produced	[t]	1.192	652
Differenza di CO ₂ prodotta Difference of CO ₂ produced	[t]		-540

(*) Si considera l'impianto acceso tutti i giorni, 24 ore al giorno. Considering the system is switched on 24 hours a day, every day.
(**) Fonte www.enea.it. Source www.enea.it.

di possibile stimare, senza considerare ulteriori parametri correttivi, un ciclo di sostituzione dei moduli LED pari alla durata di vita degli stessi, vale a dire 50.000 ore, senza compromettere le prestazioni illuminotecniche dell'impianto e determinando un importante risparmio sui costi effettivi di manutenzione.

Ciò contribuisce, con i minori consumi, ad un più rapido raggiungimento del punto di equilibrio tra costi e benefici, rendendo questa moderna tecnologia preferibile rispetto a quelle tradizionali, nonostante i necessari maggiori investimenti iniziali.



Source: Adapted from Bullough J.D. 2003. *Lighting Answers. LED Lighting Systems*, Troy, NY National Lighting Product Information Program, Lighting Research Center, Rensselaer Polytechnic Institute.

Fig. 15 - Confronto tra le curve di decadimento del flusso luminoso tipiche per un LED ad alta potenza e una sorgente agli ioduri metallici da 400W. *Comparison between decay curves of the light flow for high power LED and 400W metal halide source.*

thus possible to estimate, without considering further corrective parameters, a replacement cycle of the LED modules equal to their life expectancy, which is to say, 50,000 hours, without compromising the lighting technique performance of the system and determining a significant saving on the effective

costs of maintenance. Together with the lower energy consumption, this contributes towards a more rapid arrival at the balance point of costs and benefits, making this modern technology preferable to the traditional systems, in spite of the necessary greater initial investments.

6. Conclusioni

La stazione sotterranea di Porta Susa, il primo lotto della quale è stato inaugurato il 14 dicembre 2008, avrà il privilegio di ospitare il transito del TGV Parigi-Torino-Milano e dei treni del sistema Alta Velocità in fase di completa attivazione, rappresentando un nodo strategico di portata internazionale. L'illuminazione completamente realizzata con tecnologia LED e il suo profilo *high-tech* hanno pienamente rispecchiato l'importanza del progetto, contribuendo a fare in modo che questa realizzazione, inserita in un contesto urbanistico completamente rivalificato a seguito dell'interamento della linea ferroviaria e delle relative stazioni, venga annoverata fra le grandi opere urbanistiche contemporanee, capaci di coniugare estetica, funzionalità e sostenibilità ambientale.

6. Conclusions

The Porta Susa underground station, the first plot of which was opened on 14 December 2008, will have the privilege of hosting the transit of the Paris-Turin-Milan TGV and the trains of the High Speed system currently in the complete activation phase, and it is a strategic node of international importance. The illumination entirely created with LED technology and its high-tech profile have abundantly reflected the importance of the project, and contributed towards ensuring that this creation, inserted in a completely redeveloped town-planning context following the interment of the railway line and the related stations, is considered among the great urban works of our time, able to blend aesthetics, functionality and environmental sustainability.

BIBLIOGRAFIA - REFERENCES

- [1] Pietro PALLADINO (2005), *"Manuale di Illuminazione"*.
- [2] AIDI (1995), *"Manuale dell'Illuminazione"*.
- [3] Mario BONOMO (2009), *"Illuminazione d'interni"*.
- [4] Schreder Italia S.p.A. Progetto, *"Illuminazione Stazione di Porta Susa"*.
- [5] Rivista Urban Design, *"Sistemi LED"*.
- [6] Schreder Italia S.p.A., *Documentazione Tecnica interna Schreder*.