

INDICE

a) Relazione metodologica e costi presunti per la verifica strutturale di gallerie, ponti, muri di sostegno, caselli, stazioni e criteri di verifica da adottare per soddisfare i requisiti di sicurezza previsti dalla normativa tecnica vigente per gli interventi sulle opere esistenti..... 2

b) Relazione tecnica sulla metodologia e i costi presunti degli impianti da realizzare negli edifici..... 32

c) Relazione tecnica che illustri criteri, metodologia e costi presunti delle soluzioni tecnologiche previste nel progetto con particolare riguardo all'illuminazione delle piste e gallerie..... 34

a) Relazione metodologica e costi presunti per la verifica strutturale di gallerie, ponti, muri di sostegno, caselli, stazioni e criteri di verifica da adottare per soddisfare i requisiti di sicurezza previsti dalla normativa tecnica vigente per gli interventi sulle opere esistenti

a.1) PREMESSA

La presente relazione illustra i criteri, la metodologica e i costi presunti per la verifica strutturale di ponti e relativi di muri andatori, gallerie, caselli e stazioni.

Verranno descritte le tipologie strutturali dei manufatti esistenti e verranno definiti i criteri di verifica da adottare in fase di progettazione per rispettare i requisiti di sicurezza previsti dalla Normativa Vigente.

Secondo la Normativa (D.M. 14/01/2008) gli intervento si configurano come “**Intervento di Adeguamento**” in quanto è previsto l'utilizzo di opere progettate in epoca ante guerra con Normative ben differenti da quelle attuali. Si pone in evidenza che dal 22 marzo 2018 la Normativa di riferimento è cambiata (NTC del 17/1/2018) pur mantenendone la continuità con le Norme precedenti. Per quanto riguarda il contesto attuale su cui verranno applicate si segnalano importanti innovazioni nel campo dell'ingegneria antisismica e negli interventi sugli edifici esistenti/opere d'arte esistenti.

In fase di progettazione si procederà a modellazioni strutturale tali da ottenere dei risultati che indicheranno eventuali rinforzi strutturali, ripristini delle parti ammalorate e protezione generalizzata.

La linea era stata originariamente pensata per collegare Palermo con Trapani via Calatafimi (all'epoca non vi era la diramazione Alcamo-Trapani a scartamento ordinario).

Durante i lavori di costruzione il progetto fu rivisto e il capolinea fu spostato a Salaparuta, dove si sarebbe dovuta allacciare alla Castelvetro-Burgio.

I lavori di costruzione iniziarono nel 1924 e proseguirono fino al 1935, quando l'armamento destinato a questa linea fu inviato in Africa. La linea era stata prevista a scartamento ridotto di 950 mm. La sede ferroviaria, con numerose opere d'arte e tutti i fabbricati di servizio, fu interamente costruita da Palermo a Camporeale (circa 65 km). Il tratto Palermo - Monreale fu anche armato, ma non vide mai transitare nessun treno.

a.2) GENERALITÀ SUI PONTI

Secondo statistiche degli ultimi anni ("Sustainable Bridges-Assessment for Future Traffic Demands and Longer Lives", 2007), oltre il 40% dei ponti ferroviari in esercizio in Europa (circa 200.000) sono rappresentati da ponti ad arco in muratura e la maggioranza sono opere in servizio da più di 100 anni. Queste percentuali si riscontrano anche nello stock di ponti ferroviari in Italia, essendo i ponti ad arco in muratura stati realizzati per la maggior parte nel periodo 1840-1930, sebbene si trovino alcuni esempi isolati di opere di questo tipo fino agli anni del secondo dopoguerra

PONTI IN MURATURA					
LUNGHEZZA	N	L	N%	L%	L/N (m)
$\leq 5m.$	45.118	139.115	75,9	27,3	3,1
$5m. < L \leq 15m.$	8.305	68.551	14,0	13,4	8,3
$15m. < L \leq 30m.$	1.164	22.079	2,0	4,3	19,0
$L > 30m.$	1753	197.575	2,9	38,7	112,7

Fig. 0.1 - Fonte: Censimento FS (1981)

I ponti possono essere ad arcata singola come ad arcata multipla che a loro volta si suddividono in base alla forma dell'arco a tutto sesto o a sesto ribassato.



Fig. 0.2 - Fotografie di ponti in muratura ad arco

Relazioni tecniche e specialistiche

Le parti che costituiscono un ponte in muratura sono sinteticamente:

- l'arcata, che costituisce la struttura che porta il piano percorribile;
- le strutture di sostegno delle arcate -spalle e pile -
- le opere di fondazione -gli elementi apparentemente privi di efficacia strutturale, posti al di sopra dell'arcata per fornire un piano percorribile piano (rinfianco, cappa riempimento);
- Il riempimento è contenuto lateralmente da due muri (timpani o muri frontali) impostati sulla parte esterna dell'arcata.

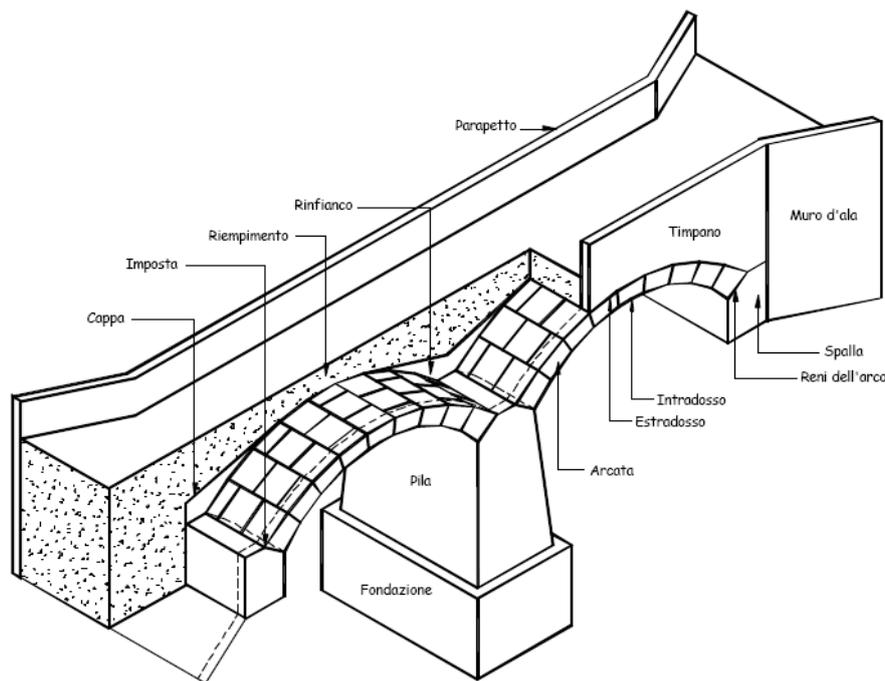


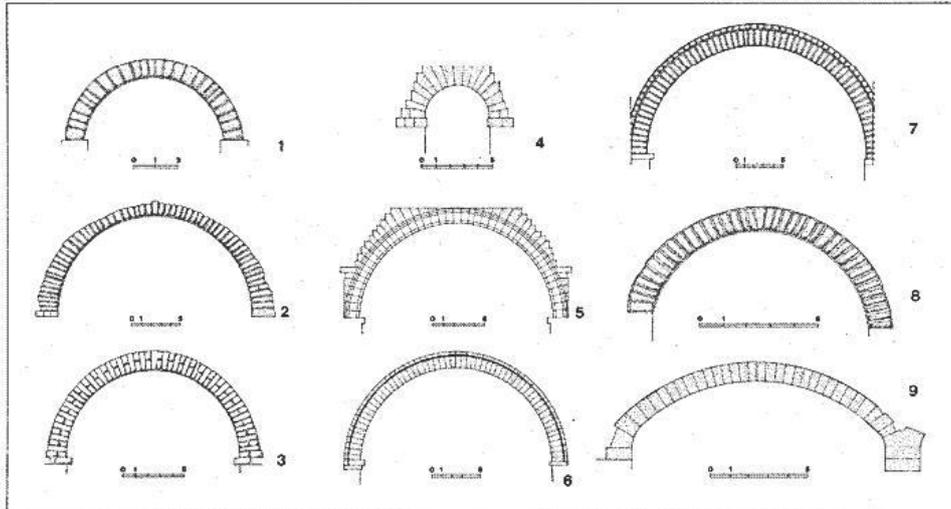
Fig. 0.3 – Schematico strutturale di un ponte ad arco

ARCATE

La parte principale della struttura, è costituita dalle arcate (o volte). Nei ponti vengono generalmente impiegate arcate a botte, ovvero con intradosso cilindrico ed a pianta retta. L'ampiezza della curva individua diverse tipologie distinte dal ribassamento, ovvero dal rapporto freccia/luce (f/l):

- arco a tutto sesto (semicircolare): $0.4 < f/l < 0.5$
- arco ribassato (circolare, policentrico, molto raramente semiellittico), $0.11 < f/l < 0.4$;
- arco acuto o ogivale, (tipologia medievale e tardo medievale): $f/l > 0.5$.

Relazioni tecniche e specialistiche



Mentre i casi di volte con geometria non cilindrica rappresentano esempi molto rari, i ponti con volta a pianta non retta si presentano in numero piuttosto elevato (asse della linea ferroviaria interseca il corso d'acqua in modo non ortogonale).

L'esecuzione del viadotto per avanzamenti successivi definisce alcune fasi operative in cui l'ultima arcata realizzata poggia sull'ultima pila completata senza il contrasto delle arcate successive.

L'arco a tutto sesto è la struttura meno spingente poiché le strutture ad arco resistono essenzialmente per forma, l'arco inteso come struttura esiste solo quando è stato posto in opera l'ultimo suo concio; la costruzione viene quindi eseguita su una armatura di sostegno provvisoria, generalmente in legname di essenza forte, composta da :

- centine (travi reticolari lignee disposte parall. all'asse del ponte);
- filagne orizzontali o inclinate, a collegamento delle centine;
- manto o tamburo di dossali;
- sostegni delle centine (pali infissi, mensole);
- apparecchi di disarmo (cunei).

Allo scopo di ridurre la quantità di legname necessaria, l'opera di sostegno può essere di larghezza minore dell'arcata, che viene quindi costruita per anelli successivi accostati.

La muratura dell'arcata viene realizzata impiegando pietra da taglio, pietra conca, oppure mattoni di laterizio. Per motivi economici e decorativi l'uso della pietra da taglio è stato spesso limitato all'arco frontale (armilla) e ai conci d'imposta (chiave dell'arco).

In una volta a pianta rettangolare si adotta la tessitura retta, con file parallele alle generatrici, facendo in modo che in chiave si trovi sempre un concio.

Allo scopo di ridurre il rischio di scorrimenti, il giunto fra due file deve essere il più possibile perpendicolare alla curva delle pressioni.

Relazioni tecniche e specialistiche

Le arcate non sempre presentano superfici comprese fra due curve parallele, aumentando lo spessore dell'arcata verso le imposte. Talora l'estradosso è costruito scalettato.



Estradosso dell'arcata scalettato - ponte Sangone - linea Torino-Genova.
(Archivio FS - TO).

La disposizione dei conci è affatto diversa nel caso di una volta obliqua, ovvero con pianta a parallelogramma. L'apparecchio retto porterebbe ad avere unghie triangolari prive di appoggio su uno dei lati. Se l'obliquità è scarsa, l'apparecchio retto viene utilizzato per la parte interna della volta, mentre per le corone frontali vengono utilizzati speciali conci a spessore variabile.

Se l'obliquità è rilevante, è necessario utilizzare un tipo di tessitura che trasferisca sugli appoggi le spinte esercitate dai corsi trasversali della volta. Si utilizza la tessitura elicoidale, con giunti perpendicolari fra loro e rispetto alla superficie d'intradosso; il giunto all'imposta è inclinato sull'orizzontale, a differenza della volta retta, di un angolo che funzione dell'obliquità della volta.

RINFIANCO

Al di sopra delle arcate, lo spazio necessario a realizzare un piano orizzontale viene colmato con due distinti materiali: in prossimità della volta, e con spessore maggiore al di sopra delle imposte e sulle pile, viene disposto il rinfianco, al di sopra del rinfianco viene collocato il riempimento, costituito da materiale sciolto o conglomerato poverissimo che porta il livello complessivo della struttura al piano viario. Tra rinfianco e riempimento si ritrova la cappa che assolve la funzione d'impermeabilizzare il ponte. Il rinfianco è costituito, in genere, da un conglomerato con discrete caratteristiche meccaniche, inferiori rispetto a quelle della muratura delle arcate, o da muratura scadente, ma di peso maggiore rispetto a quello della volta. Esso assolve due funzioni: 1) zavorrare e, quindi, stabilizzare l'arco; 2) costituisce un ostacolo alla formazione del meccanismo di collasso dell'arco, ed è responsabile dell'innalzamento delle reni. Il profilo superiore del rinfianco può essere rettilineo o, più spesso, è

Relazioni tecniche e specialistiche

formato da piani inclinati in genere con pendenza del 27% con la funzione di convogliare l'acqua che s'infiltra nel riempimento verso i pluviali di scarico.

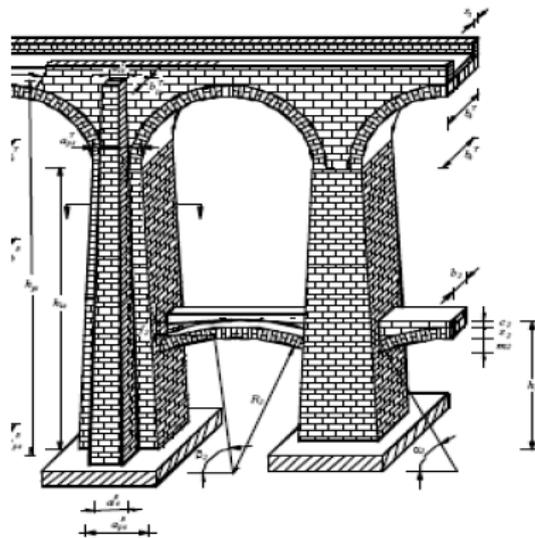
PILE

Le pile da ponti con altezza fino a 12÷15m dallo spiccatto della fondazione, hanno in genere pareti verticali o con scarpa di 1/10÷1/20. Se il ponte è ferroviario in curva, le pareti di testa vengono costruite con due scarpe diverse, maggiore dalla parte esterna (generalmente doppia, quindi pari a 1/5-1/8), per equilibrare la spinta centrifuga.

Anche per le pile si presenta la necessità di contenere la pressione trasmessa al terreno; l'accorgimento tecnico è l'inserimento di vani vuoti per ridurre il peso proprio della struttura.

Le pile situate nell'alveo di un corso d'acqua presentano sia a monte sia a valle due appendici detti rostri con la funzione di modificare gradatamente la sezione dell'alveo, di deviare il materiale trasportato dal fiume e ridurre la turbolenza della corrente.

Per viadotti che presentano un'elevata altezza delle pile, si rende necessario ridurre l'altezza libera della pile mediante l'inserimento di un secondo ordine di arcate (per pile > 40m). L'ordine a quota inferiore generalmente costituisce un passaggio pedonale consentito da aperture realizzate nelle pile, ed è in genere, di larghezza inferiore rispetto all'impalcato.



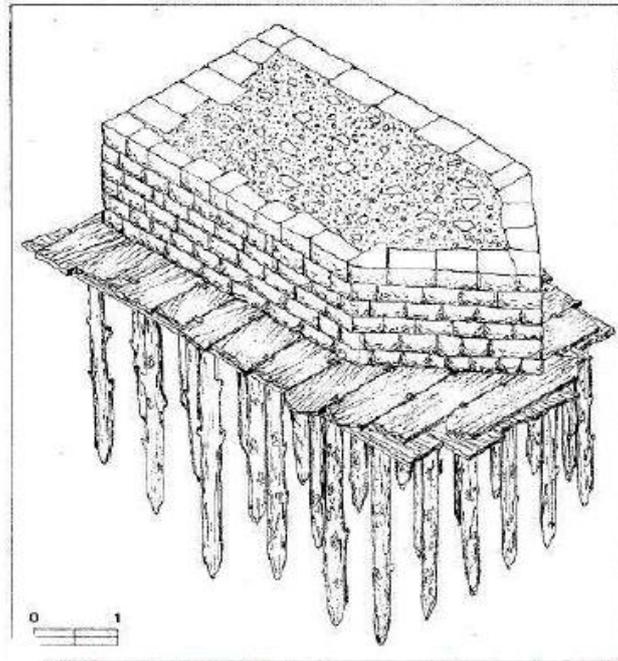
FONDAZIONI

Sinteticamente anche nei ponti in muratura si riconoscono tre tipi di fondazione:

- a) fondazione profonda su pali;
- b) semi-profonda su pozzo;
- c) fondazione superficiale.

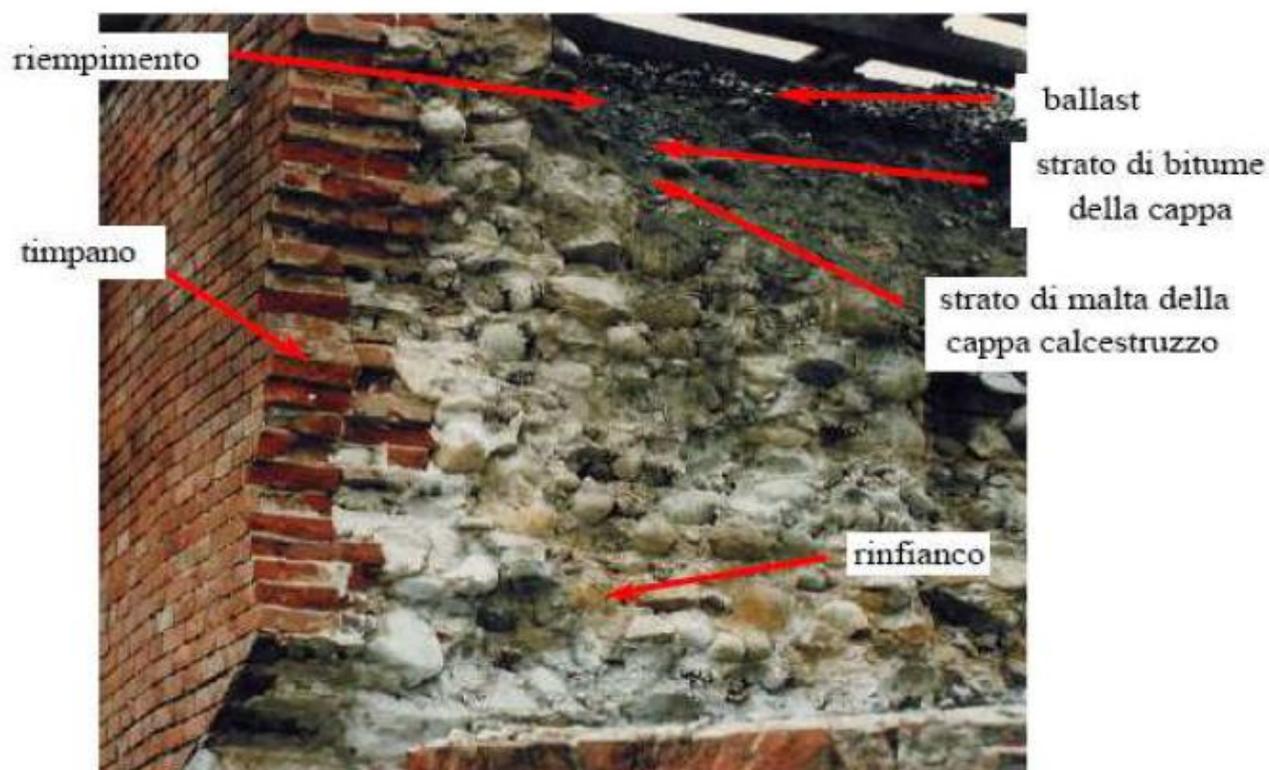
L'utilizzo di pali in legno nelle fondazioni è una tecnica che risale ai tempi dei Romani. Il diametro utilizzato per questo tipo di pali varia da 20 a 35 cm, le dimensioni di un tronco d'albero facilmente trasportabile, per una lunghezza che raramente supera i 10 metri, vista la

difficoltà d'infissione



IL RIEMPIMENTO

Poiché il profilo superiore del rinfiango non è piano, è necessario disporre al di sopra della cappa un riempimento, generalmente costituito da terreno leggero o ghiaia drenante, che contribuisce anch'esso a ripartire sull'arcata i carichi concentrati applicati sul piano del ferro. Lo strato sotto la traversina non dovrebbe essere inferiore a 40 cm, non deve essere mai inferiore a 15 cm. In genere lo spessore del riempimento in chiave è pari allo spessore, in chiave, dell'arcata. Nei viadotti, specie con pile di rilevante altezza, non è raro trovare il riempimento sostituito da una serie di voltine di mattoni.



a.3) GENERALITÀ SULLE GALLERIE

Negli ultimi anni sono sempre più frequenti interventi relativi a situazioni di verifica/dissesto in gallerie costruite in tempi non recenti. Nel seguito vengono illustrati alcuni aspetti concettuali concernenti interventi di consolidamento del rivestimento in mattoni di gallerie ferroviarie costruite all'inizio del secolo scorso.

Interventi di risanamento dei rivestimenti di gallerie possono avere una duplice funzione:

- il ripristino ed il miglioramento delle condizioni di servizio;
- il ripristino di un idoneo comportamento strutturale del rivestimento e delle condizioni globali di stabilità della struttura.

Il comportamento strutturale di una galleria è condizionato da diversi parametri che dipendono sia dalle caratteristiche dell'ammasso roccioso entro il quale la galleria è scavata (caratteristiche geologiche, idrogeologiche, strutturali e meccaniche, stato di sollecitazione naturale) sia dalle caratteristiche costruttive dell'opera (forma e dimensioni dello scavo, metodo di scavo, opere di sostegno temporanee e permanenti).

La caratterizzazione preliminare, intrapresa con l'obiettivo di ridurre al minimo l'incertezza sulle condizioni geologiche e geotecniche del sito, consiste in uno studio geologico della zona interessata dall'opera e in indagini geomeccaniche, eseguite in situ ed in laboratorio, atte a definire i principali parametri che determinano il comportamento meccanico dell'ammasso roccioso.

Relazioni tecniche e specialistiche

a.4) MANUFATTI ESISTENTI

Nel seguito vengono illustrate a titolo indicativo e non esaustivo le opere d'arte presenti sul tracciato da Palermo a Monreale.

Viadotto Boccadifalco



Viadotto Boccadifalco



Galleria Monreale



Relazioni tecniche e specialistiche

Tunnel della Fontana del Drago



Ponte Luparello



Ponte prima della Fontana del Drago



Muri di sostegno prima della Fontana del Drago



Casa Cantoniera Uditore



Casa Cantoniera S.Isidoro



Casa Cantoniera Baida



Casa Cantoniera Monreale



Stazione Baida



Stazione Uditore



a.5) CRITERI DI VERIFICA

Nel seguito alcuni aspetti che dovranno essere investigati in merito ai materiali ed al rispetto delle Normative Vigenti.

a.5.1) Materiali

Nei ponti in muratura, come nei muri andatori nei caselli/stazioni vengono impiegati materiali differenti per realizzare le diverse parti sia per rispondere ad esigenze di tipo statico (maggiore resistenza nelle strutture più sollecitate, maggiore leggerezza nelle parti secondarie) sia di natura economica. In generale è possibile eseguire una classificazione dei materiali usati per ciascun elemento strutturale:

ARCATE, TIMPANI, SPALLE, PILE, ELEVAZIONI, ELEMENTI STRUTTURALI: muratura di mattoni o di blocchi di pietra squadrata;

RINFIANCHI: muratura di mattoni o di blocchi di pietra squadrata, conglomerato povero di legante ma con discrete caratteristiche meccaniche;

RIEMPIMENTO: materiale incoerente (terra, smarino di risulta dallo scavo delle gallerie) oppure, per ridurre la spinta sui timpani, pietrame a secco, pietrisco minuto, ghiaia o ballast, più raramente calcestruzzo magro di pozzolana;

CAPPA: in genere malta impermeabile ed elastica per resistere a fessurazioni dovute ai carichi o alle coazioni termiche.

Nelle gallerie oltre ad essere costituite da muratura di rivestimento, la parte strutturale è composta da una parte in cemento armato.

Informazioni sulle caratteristiche dei materiali impiegati si possono trovare nella manualistica d'epoca (alcuni riferimenti):

- "Capitolato Generale Tecnico di appalto delle opere" delle Ferrovie dello Stato, 1914 (riporta le modalità di esecuzione dei lavori e le relative prescrizioni)
- Prontuario "Modalità da adottarsi per la compilazione dei progetti dei Manufatti Muri e Gallerie" delle Ferrovie dello Stato, 1907. Il testo riporta una serie di grafici e tabelle che forniscono il dimensionamento dei ponti ad arco per luci fino a 15m in funzione del carico di rottura di mattoni di $1,2 \times 10^3 \text{ kg/mm}^2$.
- "Norme per il calcolo dei ponti in muratura" delle Ferrovie dello Stato, 1924 (fornisce indicazioni sulle ipotesi di carico, sul metodo di calcolo e sulle tensioni massime).

Relazioni tecniche e specialistiche

a.5.2) Normativa DM2008

Si deve prevedere l'impiego di metodi di analisi e di verifica dipendenti dalla completezza e dall'affidabilità dell'informazione disponibile e l'uso, nelle verifiche di sicurezza, di adeguati "fattori di confidenza", che modificano i parametri di capacità in funzione del livello di conoscenza relativo a geometria, dettagli costruttivi e materiali.

Si riconoscono tre diversi livelli di conoscenza LC, attraverso i quali è possibile definire i valori medi dei parametri meccanici

Tabella C8A.1.1 – Livelli di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e conseguenti valori dei fattori di confidenza per edifici in muratura

Livello di Conoscenza	Geometria	Dettagli costruttivi	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC
LC1	Rilievo strutturale	verifiche in situ limitate	Indagini in situ limitate Resistenza: valore minimo di Tabella C8A.2.1 Modulo elastico: valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1	Tutti	1,35
LC2		verifiche in situ estese	Indagini in situ estese Resistenza: valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1 Modulo elastico: media delle prove o valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1		1,20
LC3		verifiche in situ esaustive	Indagini in situ esaustive -caso a) (disponibili 3 o più valori sperimentali di resistenza) Resistenza: media dei risultati delle prove Modulo elastico: media delle prove o valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1 -caso b) (disponibili 2 valori sperimentali di resistenza) Resistenza: se valore medio sperimentale compreso in intervallo di Tabella C8A.2.1, valore medio dell'intervallo di Tabella C8A.2.1; se valore medio sperimentale maggiore di estremo superiore intervallo, quest'ultimo; se valore medio sperimentale inferiore al minimo dell'intervallo, valore medio sperimentale. Modulo elastico: come LC3 - caso a). -caso c) (disponibile 1 valore sperimentale di resistenza) Resistenza: se valore sperimentale compreso in intervallo di Tabella C8A.2.1, oppure superiore, valore medio dell'intervallo; se valore sperimentale inferiore al minimo dell'intervallo, valore sperimentale. Modulo elastico: come LC3 - caso a).		1,00

Il DPCM 21/10/2003, definisce tre livelli di acquisizione dati e di verifica, da utilizzare in funzione del livello di priorità e delle caratteristiche dell'edificio o dell'opera in esame.

Per il livello 2, che si applica ad edifici ed opere ad alta priorità, DPCM 21/10/2003, vengono richiesti i seguenti requisiti per l'acquisizione dei dati e la verifica:

è richiesto un livello di conoscenza approfondito dell'opera, individuato come LC2 (livello di conoscenza adeguata) o LC3 (livello di conoscenza approfondito) definiti dalla norma D.M. 14.01.2008 al punto 8.5.4 e dalla Circolare di applicazione - punto C8A.1.A;

è richiesta la determinazione della categoria di suolo tramite prove in-situ (CPT, SPT, carotaggi profondi).

ai fini dei risultati l'obiettivo da perseguire è la definizione di una curva di capacità globale forza-spostamento, e del conseguente calcolo dei livelli resistenti di accelerazione al suolo.

Relazioni tecniche e specialistiche

Si possono individuare le seguenti fasi della procedura :

- l'analisi storico-critica;
- il rilievo geometrico-strutturale
- la caratterizzazione meccanica dei materiali,
- la definizione dei livelli di conoscenza e dei conseguenti fattori di confidenza,
- la definizione delle azioni
- l'analisi strutturale.

Per eseguire le verifiche di sicurezza ai sensi delle norme OPCM 3274 e del DPCM 21/10/2003 , è necessario disporre di una serie di dati relativi alla geometria del ponte in muratura, ai dettagli costruttivi, alle caratteristiche meccaniche dei materiali, e alla caratterizzazione dei terreni per la definizione dei modelli strutturali. Le modalità per il reperimento dei dati possono essere di più tipi:

- a) manualistica/documentazione d'archivio
- b) rilievo geometrico e strutturale in sito;
- c) indagini e prove sui materiali;
- d) indagini geotecniche.

a.6) METODOLOGIA

Il fase di progettazione si precederà l'eventuale progettazione del risanamento delle parti ammalorate e la protezione generalizzata di tutte le superfici in calcestruzzo/muratura al fine di garantirne la durabilità, affermando l'adeguatezza strutturale delle campate esistenti.

La normativa prevede che sia eseguita la **valutazione della sicurezza** sulle opere nella configurazione finale, atta a stabilire se a seguito dell'intervento la struttura è in grado di resistere alle combinazioni delle azioni di progetto delle NTC, con il grado di sicurezza richiesto dalle stesse.

Per eseguire la valutazione della sicurezza sarà necessario eseguire:

- 1) Analisi storico-critica;
- 2) Rilievo geometrico strutturale;
- 3) Caratterizzazione meccanica dei materiali;
- 4) Definizione dei livelli di conoscenza e fattori di confidenza;
- 5) Definizione delle azioni, comprese quelle sismiche;
- 6) Progettazione degli interventi di adeguamento.

Il **rilievo** deve individuare l'organismo resistente della costruzione, tenendo anche presente la qualità e lo stato di conservazione dei materiali e degli elementi costitutivi. Per conseguire un'adeguata conoscenza delle caratteristiche dei materiali e del loro degrado, ci si baserà su:

- a. documentazione già disponibile;
- b. verifiche visive in situ;
- c. indagini sperimentali.

Relativamente ai punti a. e b., l'attività consiste in:

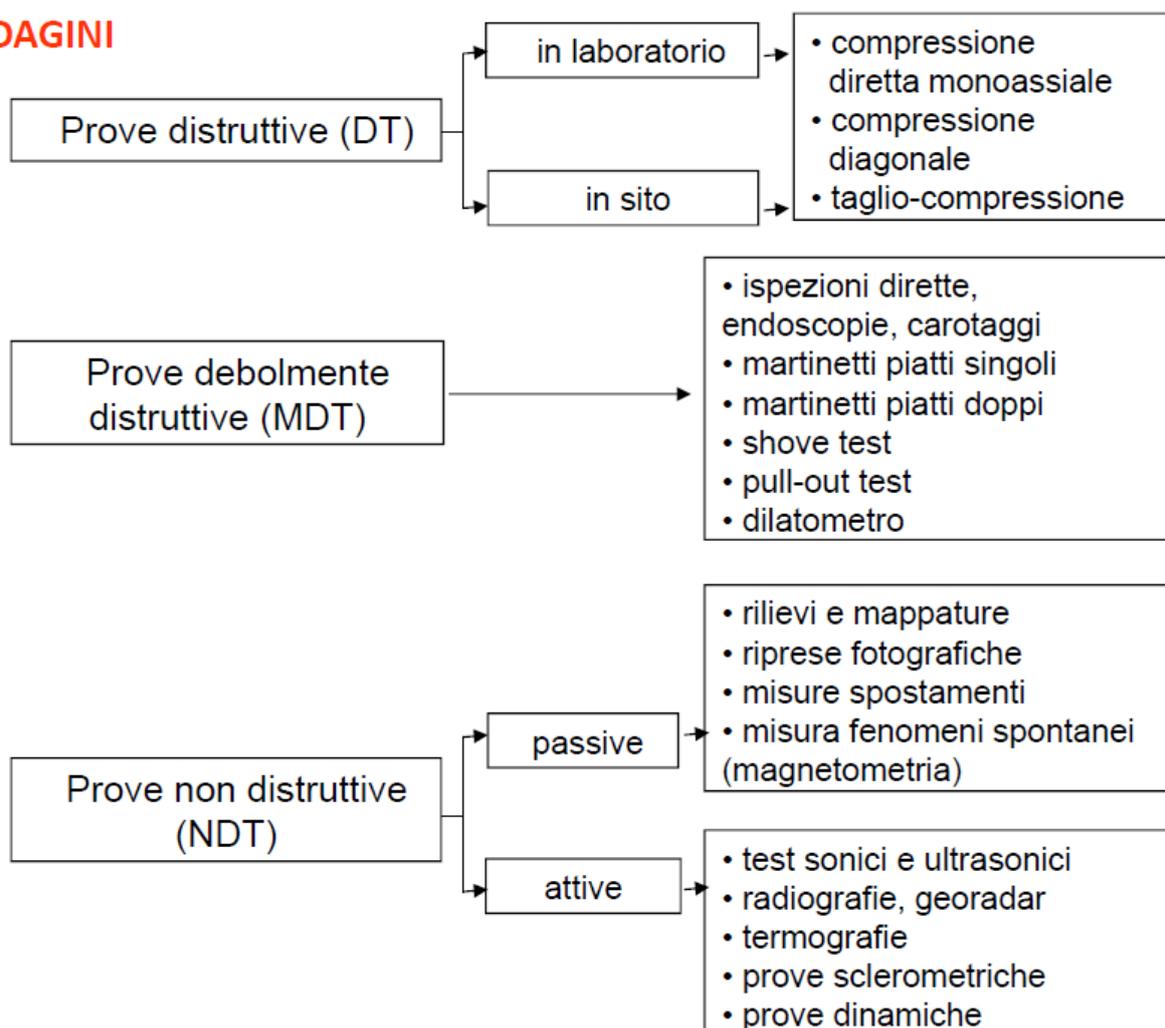
- **acquisire tutta la documentazione disponibile** (progetto originario e atti di collaudo);
- **stabilire l'anno di progettazione**;
- **ricostruire la sequenza di esecuzione** (sia in elevazione che in termini di corpi di fabbrica);
- **effettuare considerazioni basate sulla pratica progettuale dell'epoca di costruzione**;
- **effettuare accurate verifiche visive in situ al fine di elaborare un'analisi accurata delle anomalie/difetti presenti**.
-

Le anomalie riscontrate saranno annotate in specifiche schede, denominate "**Schede difetti**" o "**Schede delle anomalie**", che saranno allegate alla documentazione di progetto.

Le prove che si potranno fare sono suddivisibile in prove distruttive, prove semi distruttive e prove non distruttive. Nello schema riportato nel seguito si elencano i tipi di prove.

Relazioni tecniche e specialistiche

INDAGINI



Successivamente si elaborerà un piano delle indagini **esteso a tutte le opere esistenti principali**, in modo da avere un quadro chiaro dello stato di conservazione delle stesse scegliendo, fra le seguenti prove, quelle ritenute più appropriate:

- prova di pull-out con estrazione di tassello ad esposizione post-inserito (UNI 10157);
- indagine sclerometrica, (UNI 9189);
- controlli con ultrasuoni (UNI 9524/89);
- prelievo di campione cilindrico di cls per analisi di laboratorio, e precisamente: massa volumica (UNI 6394);
- resistenza a compressione (UNI 6132);
- modulo elastico (UNI 6556);
- ph a diverse profondità nelle carote (almeno tre) D.M. 14.02.92 successive integrazioni);
- contenuto di cloruri (UNI 9858);

Relazioni tecniche e specialistiche

- contenuto di solfati (UNI 9858);
- profondità di carbonatazione (UNI 9944).
- prelievo di campione di tondino di acciaio per prove di laboratorio: prova di trazione con determinazione della tensione di snervamento, tensione di rottura ed allungamento (UNI 556);
- analisi chimica quantometrica con determinazione di carbonio, silicio, fosforo, zolfo, manganese (D.M. 14.02.92 e successive integrazioni); indagini incrociate con pacometro-georadar di elementi in c.a. e c.a.p.; misura di corrosione dell'acciaio su strutture in c.a. (UNI 9535).
- Martinetto singolo: misura dello stato di tensione all'interno della muratura e del rivestimento in calcestruzzo della galleria

Nelle fotografie seguenti si riportano alcuni esempi operativi delle prove sopra descritte.



Foto 3 -Ultrasuoni semi diretti

Foto 4 - Ultrasuoni diretti

Relazioni tecniche e specialistiche

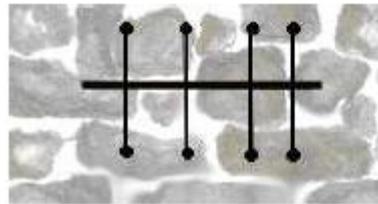


Foto 7 - Frantumazione e setacciatura

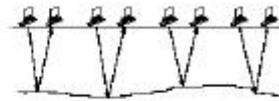
CONTENUTO CLORURI



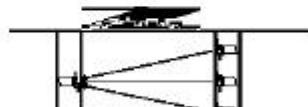
Foto 8 - Provini in lavorazione



MARTINETTO PIATTO

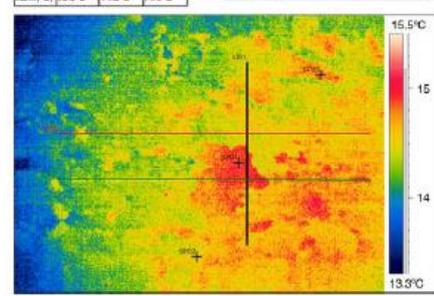
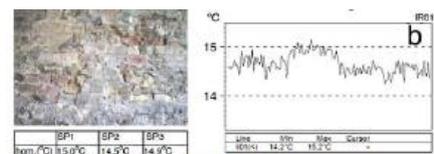
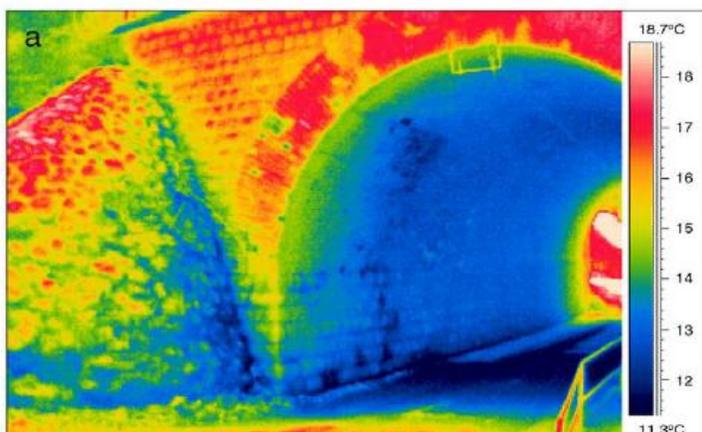


Echo-radar



Radar in trasparenza e tomografia

GEORADAR



Relazioni tecniche e specialistiche

Il risultato di tutte le indagini conoscitive sarà riassunto in appositi elaborati progettuali qui di seguito elencati:

1. **Catalogazione opera esistente** (progressiva km, descrizione sintetica della tipologia strutturale e dei materiali, schema strutturale e schema vincoli, documentazione fotografica);
2. **Fasciolo di consistenza dell'opera d'arte** con eventuale riproduzione elaborati di progetto (se disponibili o forniti dall'ente gestore);
3. **Dati conoscitivi e storici dell'opera** (denominazione, progressive, anno di fine costruzione, normativa vigente, elementi geometrici, tipologia e schema strutturale, giunti, giudizio sintetico dello stato di conservazione, interventi di manutenzione già eseguiti, zona sismica vigente nella fase di progettazione, zona sismica attuale, classe di esposizione ambientale);
4. **Mappatura del degrado** da redigere sul rilievo dell'opera con riportata ciascuna anomalia, l'ubicazione e l'estensione e rilievo fotografico. Si rileverà per esempio calcestruzzo ammalorato, armature ossidate, percolazione di acque, scalfamento, fessurazioni, ecc.

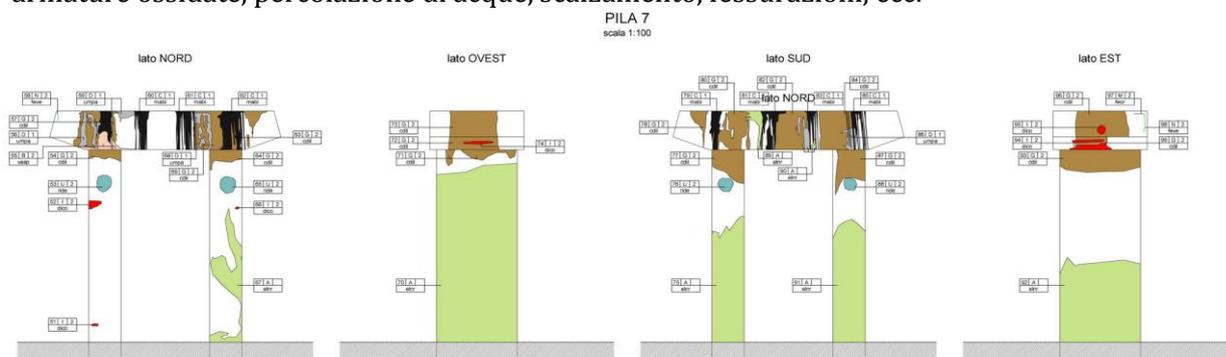


Figura 1 - Esempio di mappatura del degrado sulle pile del viadotto Falconara II sulla S.S. 16

A questo punto si potrà eseguire la valutazione della sicurezza dell'intervento attraverso:

- A. **Analisi accurata del modello strutturale dell'opera (esistente + campate aggiuntive)**
- B. **Progettazione interventi di adeguamento alla luce dei risultati ottenuti**

Relazioni tecniche e specialistiche

a.7) COSTI PRESUNTI

Nel seguito si riportano i costi presunti per tipologia per l'attività di indagine strutturale delle opere esistenti.

Tipologia	Numero	Costo unitario (€)	Costo totale (€)
Gallerie	5	-	16.500
Ponti/Viadotti	3	-	13.500
Muri di sostegno	1	-	2.000
Caselli/Stazioni	7	-	4.500
TOTALE			36.500

b) Relazione tecnica sulla metodologia e i costi presunti degli impianti da realizzare negli edifici

b.1) PREMESSA

Le seguenti indicazioni derivano dall'analisi della morfologia degli edifici, delle funzioni che si prevede di insediare e delle prospettive di utilizzo temporale degli stessi.

b.2) IMPIANTI IDRAULICO E MECCANICO

Gli edifici saranno dotati di impianti centralizzati autonomi a basso consumo.

Il riscaldamento e raffrescamento sarà attuato tramite elementi esterni tipo "fan coil".

L'acqua calda sanitaria sarà garantita dall'installazione di unità "scaldacqua".

All'interno degli edifici si provvederà alla realizzazione di nuovo impianto idrico di adduzione e di scarico.

b.3) IMPIANTO ELETTRICO E DI ILLUMINAZIONE

All'interno degli edifici si provvederà alla realizzazione di nuovo impianto elettrico nel rispetto delle normative vigenti. L'impianto elettrico verrà supportato per consumi da pannelli fotovoltaici.

Punti cardine dell'intervento sono stati il desiderio di recuperare e valorizzare le qualità storico-architettoniche degli edifici, rispettarne la struttura, identificare una armoniosa integrazione delle nuove esigenze di utilizzo e fruibilità degli spazi, in considerazione delle nuove funzioni: ristoro, museo, relax, ecc. E definire le spazialità e le dotazioni corrette per dare nuova vita a questi luoghi a servizio della collettività.

Per ciascuna area funzionale specifica, è stata identificata una soluzione illuminotecnica ad hoc, con il saldo obiettivo di mantenere un'immagine complessiva coerente. I sistemi d'illuminazione ipotizzati sono definiti nell'idea di garantire massima flessibilità, così da rispettare le esigenze differenti degli spazi architettonici.

Inoltre, le scelte d'illuminazione sono definite in considerazione dei criteri di risparmio energetico e comfort (controllo dell'abbagliamento molesto e debilitante) già adottati nelle altre aree di intervento.

In particolare, i corpi illuminanti sono dotati di sorgenti LED caratterizzati da un'elevata efficienza luminosa (maggiore di 100lm/W) Resa cromatica CRI Ra > 90, temperatura correlata di colore CCT= 3000K. Al fine di massimizzare il controllo degli sprechi energetici, i sistemi di illuminazione sono predisposti per il funzionamento integrato con sensori ambientali atti a ridurre il flusso luminoso in considerazione del contributo di luce naturale e di presenza di persona in ambiente. Tutti gli apparecchi hanno un grado di protezione IP idonea all'ambiente interno, o alle funzionalità speciali che verranno definite.

b.4) COSTI PRESUNTI

Nel seguito si riportano i costi presunti per tipologia di edificio.

- Case Cantoniere : euro 52.500,00 (euro 10.500,00 per ogni singola unità)
- Stazione Uditore : euro 12.000,00
- Stazione Baida : euro 14.000,00

c) Relazione tecnica che illustri criteri, metodologia e costi presunti delle soluzioni tecnologiche previste nel progetto con particolare riguardo all'illuminazione delle piste e gallerie

c.1) PREMESSA SULLA LUCE NELLA CITTÀ

I sistemi d'illuminazione pubblica possono essere considerati come parte integrante e fondamentale dell'infrastruttura urbana, per rendere migliore la vita di tutti i giorni soprattutto durante le ore notturne. L'illuminazione non solo organizza e caratterizza lo spazio urbano notturno, ma è soprattutto lo strumento attraverso cui è possibile effettivamente vivere la città notturna, consentendo anche l'interazione sociale.

Quello che si ricerca non è l'illuminazione del singolo tracciato, o facciata, oppure la singola piazza, perché questo comporterebbe una frammentazione dell'immagine del paesaggio urbano, la perdita del rapporto compositivo fra lo spazio e l'architettura ed una percezione non corretta dei suoi significati.

In questo senso è importante progettare la luce artificiale urbana con un preciso ruolo sociale, prendendo in considerazione anche l'esperienza dal punto di vista dell'utente, sia per la definizione di un'atmosfera luminosa, che per la valorizzazione di uno scorcio prospettico, che garantisca sicurezza, qualità e coinvolgimento sociale. Lo studio dei comportamenti, delle attività e delle necessità delle persone nel contesto città favorisce anche un corretto approccio progettuale della luce per il risparmio energetico: luce di qualità quando serve, dove serve.

La luce è un potente strumento per costruire e pianificare la città, il carattere notturno dello spazio urbano. Pertanto, un'illuminazione correttamente progettata può trasformare le aree urbane, anche densamente costruite e pianificate, in luoghi piacevoli, favorendo il riconoscimento e la valorizzazione degli spazi, mettendo in evidenza le forme ed elevando il significato degli elementi presenti.

Non ultimo l'utilizzo di nuove tecnologie, associate a sistemi di gestione intelligenti possono portare, da un lato, ad un'apprezzabile contenimento degli sprechi energetici, dall'altro ad un avvicinamento sempre maggiore alle esigenze dell'individuo che vive la città tutti i giorni, anche durante le ore serali.

c.1.1) Qualità della luce

Si ritiene che definire un progetto per l'illuminazione del percorso ciclo pedonale Green way Palermo - Monreale, integrato con il progetto d'architettura possa aggiungere ulteriore forza alle scelte volte a valorizzare il territorio e presenza dei luoghi.

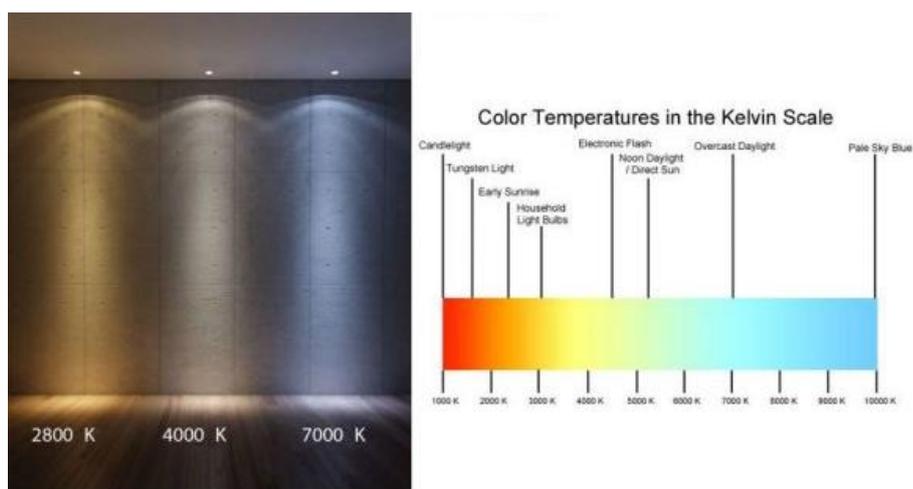
I parametri illuminotecnici principali che vengono considerati nel progetto d'illuminazione, quali ingredienti fondamentali a raggiungere gli obiettivi posti alla base dell'intervento, sono: **illuminamento, contrasto di luminanza, temperatura di colore e resa cromatica della luce.**

L'**illuminamento** è una grandezza fotometrica risultato del rapporto tra il flusso luminoso (misurato in lumen) emesso da una sorgente e la superficie dell'oggetto illuminato. Tra le aree interessate dal progetto, vi sono strade e piste ciclabili dove la normativa richiede uno specifico livello di illuminamento. Le piste ciclabili ad esempio possono essere collocate nella categoria P2 (vedi paragrafo c.4.2 alla voce "Tipologia funzionale"). Anche i requisiti d'illuminazione di percorsi pedonali pubblici sono definiti all'interno della normativa vigente in materia di illuminazione stradale. Per l'illuminazione dei edifici non ci sono regole ma la normativa regionale contro l'inquinamento luminoso ci invita a non superare i 15 Lux.

La **luminanza**, che è il rapporto tra l'intensità luminosa emessa da una sorgente primaria o secondaria, in direzione dell'osservatore, rappresenta una grandezza fotometrica di grande importanza. Per le strade a traffico veicolare essa rappresenta un punto di riferimento, perché è grazie al contrasto di luminanze che riusciamo a percepire un ostacolo, nell'illuminazione di monumenti dobbiamo invece parlare dell'equivalente percettivo. L'attributo di una sensazione visiva, in base alla quale un'area sembra emettere più o meno luce, viene indicato con il termine brillantezza nel caso di superfici auto-luminose, o chiarezza nel caso di superfici riflettenti. È importante ricordare che ad un aumento della luminanza non corrisponde necessariamente un equivalente aumento della chiarezza; per la miglior percezione di un oggetto si deve quindi considerare il contrasto tra la luminanza dell'oggetto e quella dello sfondo. In molti casi è utile tenere presente la proporzione di 3:1, che consente di mettere in risalto un elemento specifico rispetto all'ambiente che lo circonda.

La **temperatura correlata di colore** (CCT correlate color temperature) descrive la tonalità del colore apparente della luce bianca emessa da una sorgente. Ad esempio, la luce della candela che noi percepiamo come molto calda è intorno ai 1950K, mentre in una giornata serena la temperatura colore della luce solare è invece tra i 5.500 e i 10.000K.

Relazioni tecniche e specialistiche



Nel progetto si propone di utilizzare le differenti temperature di colore così da distinguere l'illuminazione funzionale, architettonica e segnaletica sia dal punto di vista cromatico che funzionale. Per illuminazione architettonica quindi, degli edifici e spazi pubblici adiacente, si è scelto una temperatura di colore di 3000K così da ricreare un'atmosfera più accogliente agli utenti della Green way.

Per la pista ciclabile e le gallerie una temperatura di colore neutra della luce pari a 4000K così da differenziare tipologicamente i diversi ambiti di intervento, e usufruire della maggior efficienza luminosa della tecnologia LED in questa temperatura correlata di colore.

Per l'illuminazione segnaletica si è scelto il colore ambra, come riferimento al territorio Siciliano. Si ipotizza l'utilizzo di apparecchiature di segnalazione predisposte per il funzionamento con LED di colore ambra, caratterizzate da un basso assorbimento elettrico.

L'**indice di resa cromatica** generale (Ra) o Color Rendering Index (CRI) ci dice in che modo una sorgente è in grado di riprodurre il colore di un oggetto da essa illuminato. Lungo tutto il tracciato della pista ciclo pedonale, edifici e gallerie le sorgenti da prediligere hanno una resa cromatica maggiore di 80, per gli interni degli edifici, visto l'alta valenza assegnata al comfort visivo è da prediligere una resa cromatica CRI Ra>90.

Relazioni tecniche e specialistiche

c.1.2) Principali obiettivi del progetto illuminotecnico

Si intende in generale per progetto illuminotecnico la definizione degli elaborati necessari alla messa in opera della soluzione d'illuminazione volta a migliorare le caratteristiche estetiche di un luogo, le condizioni di benessere dell'utilizzatore dello spazio ed in considerazione dei criteri di risparmio energetico. Obiettivo del progetto di lighting design è la realizzazione di un sistema di illuminazione consapevole dei valori sopra indicati. La scelta e definizione dei materiali e dei sistemi di gestione e controllo necessari è ponderata in considerazione delle esigenze del luogo e quindi valutata dal punto di vista economico, estetico e tecnico e volta ad offrire la soluzione più adeguata possibile.

Nello specifico del progetto in oggetto, nelle aree d'intervento "Progetto pista ciclopedonale Green way Palermo – Monreale" sono stati adottati canoni progettuali volti a riqualificare gli spazi in termini di:

- risparmio energetico,
- benessere e sicurezza,
- valorizzazione estetica.

Oltre ai parametri definiti all'interno delle normative tecniche, sono stati considerati valori di qualità e comfort, fondamentali alla costruzione di un design degli spazi a misura d'uomo.

Punti cardine dell'intervento sono stati il desiderio di recuperare e valorizzare le qualità storico-architettoniche del territorio, rispettarne la struttura, identificare una armoniosa integrazione delle nuove esigenze di utilizzo e fruibilità del bene, definire le spazialità e le dotazioni corrette per dare nuova vita a questo luogo urbano a servizio della collettività.

Sono stati perseguiti obiettivi volti a:

- garantire orientamento e informazione per i fruitori
- valorizzazione del territorio
- fruizione del complesso in tutti i suoi ambienti e secondo i differenti usi funzionali
- sicurezza degli utenti
- protezione delle strutture nelle ore notturne
- contenimento energetico ed economia di gestione
- compatibilità ambientale

c.2) ANALISI CONTESTO – PISTA CICLABILE, EDIFICI E GALLERIE

c.2.1) Percorso pista ciclabile

Durante i sopralluoghi per la verifica della fattibilità della costruzione della pista ciclabile, è stata verificata la situazione attuale dell'illuminazione. Attualmente sono presenti diverse tipologie di corpi illuminanti, a causa di questa diversità viene meno il riconoscimento del percorso quale elemento integrato (vedi Figura 1). Per quanto riguarda il paesaggio luminoso è rilevata un'illuminazione scadente dal punto di vista qualitativo ed insufficiente a rispettare i canoni definiti nella normativa vigente. Tra questi il contenimento del fenomeno dell'inquinamento luminoso.

Altre criticità riguardano l'illuminazione esistente si riferiscono ad un'incongruenza con le diverse morfologie urbane (pali e edificazioni non in corretta proporzione) e proporzioni con la scala umana. Ad alcuni punti critici sulle piazze e spazi verdi si verifica la completa assenza di punti luci che possono garantire la sicurezza e confort per gli abitanti, oltre alle problematiche di manutenzione e vandalismo.



Figura 2 Esempio di tipologie esistenti lungo i tratti della pista ciclo pedonale in progetto

Relazioni tecniche e specialistiche

c.2.2) Analisi edifici – gallerie

La qualità della luce in città è relativamente bassa, tra le cause di questa condizioni vi è l'uso di sorgenti monocromatiche a sodio alta pressione, che non valorizzano la resa dei colori degli elementi urbani, architettonici e del paesaggio. Da questa analisi critica, possiamo individuare i criteri per una nuova fruizione dello spazio e valorizzazione del paesaggio per la nuova pista ciclabile.

Anche se, al momento, non si ravvisano particolari problematiche legate a insegne commerciali, si può proporre di imporre un vincolo in cui cartelloni pubblicitari e scritte luminose non possano essere poste nelle vicinanze degli edifici e gallerie.

c.3) CRITERI DI ILLUMINAZIONE

c.3.1) Normative vigente

Punto di partenza del progetto d'illuminazione sono normative tecniche e /o leggi contenenti le definizioni e limiti dei parametri illuminotecnici sopra descritti, volti a garantire sicurezza per gli individui, fruizione e protezione degli spazi, contenimento del fenomeno dell'inquinamento luminoso e risparmio energetico.

- DM 27 settembre 2017 Criteri Ambientali Minimi per l'acquisizione di sorgenti luminose per illuminazione pubblica, l'acquisizione di apparecchi per illuminazione pubblica, l'affidamento del servizio di progettazione di impianti per illuminazione pubblica.
- UNI 11248:2016 Illuminazione stradale - Selezione delle categorie illuminotecniche
- UNI EN 13201 Illuminazione stradale Parte 2: Requisiti prestazionali; Parte 3: Calcolo delle prestazioni; Parte 4: Metodi di misurazione delle prestazioni fotometriche; Parte 5: Indicatori delle prestazioni energetiche.

c.3.2) Risparmio energetico e contenimento dell'inquinamento luminoso

Fermo restando che un impianto di illuminazione deve garantire agli utenti i necessari livelli di sicurezza e confort luminoso (qualità della visione), gli interventi sull'impianto debbono garantire il massimo contenimento dei consumi energetici.

Altro aspetto saliente, strettamente connesso con l'aspetto energetico è il contenimento dell'inquinamento luminoso e della luce molesta, finalizzato alla salvaguardia dell'ambiente notturno, della biodiversità, degli equilibri ecologici e della salute umana ed a consentire attività culturali-ricreative. Per questo motivo il flusso luminoso non indirizzato verso l'ambito da illuminare o emesso sopra l'orizzonte dagli apparecchi di illuminazione di un impianto pubblico deve essere il più possibile contenuto. A questo proposito occorre tener presente che una corretta valutazione degli effetti dell'inquinamento luminoso ovvero dell'illuminazione sull'ambiente animale e vegetale deve essere basato sulle caratteristiche spettrali della luce emessa e non su grandezze derivate, come la

Relazioni tecniche e specialistiche

temperatura di colore correlata (CCT), poiché sorgenti con medesima CCT potrebbero ad esempio presentare distribuzioni spettrali differenti e quindi effetti diversi.

Nel progetto sono utilizzati sistemi d'illuminazione caratterizzati da una distribuzione spettrale e fotometrica volta al controllo del fenomeno dell'inquinamento luminoso. Un'altra caratteristica rilevante per gli apparecchi per arredo urbano nelle aree adiacente è il cut-off , ovvero il taglio della emissione luminosa in alcune direzioni. L'emissione, in questo caso è molto ridotta o nulla per gli angoli compresi fra 80° e 90° rispetto alla verticale, e non vi è alcuna emissione per gli angoli superiori a 90°.

Per i percorsi ciclabile pedonale, ci si è orientati verso una proposta che si avvale di apparecchi a palo con caratteristiche fotometriche simili ai precedenti, cioè cut-off e roto simmetrici. Si è scelto un design lineare e meno invasivo possibile, con un'altezza del palo di 3,50 m. fuori terra, posizionato ai unilaterali della pista per facilitare l'orientamento e fruizione dello spazio.

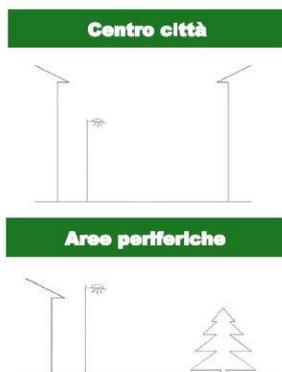
I percorsi ciclabili necessiteranno di un'illuminazione dedicata con un'ottica di tipo asimmetrico, essendo utilizzati in una posizione decentrata rispetto a quella della superficie da illuminare, sempre con corpi illuminanti che non emettano oltre i 90°, così come previsto dalla normativa regionale n.17/2009.

Dall'analisi in loco è emerso che vi sono diversi punti di interferenza tra l'illuminazione delle strade urbana, che vengano classificate dalla normativa per l'illuminazione stradale come strade ad alto scorrimento, e gli ambiti di intervento del Piano di Illuminazione della Green way Palermo - Monreale. Pur essendo già dotate d'illuminazione propria si reputa necessario, in un secondo momento, soprattutto negli ambiti fortemente e mediamente urbanizzati, che essa venga aggiornata con apparecchi con una maggiore efficienza e dotati di fotometrie cut-off.

(Rif. Tabella 13 - 14 pag. 40 DM 27 settembre 2017)

Relazioni tecniche e specialistiche

La lotta all'inquinamento luminoso deve considerare le specificità e le esigenze delle diverse aree cittadine (aggregazione, valorizzazione culturale, ecc.): è necessario un equilibrio fra aspetti di mitigazione ed illuminotecnici.



illuminazione stradale				
illuminazione grandi aree, rotonde, parcheggi				
illuminazione di aree pedonali, ciclopedonali, aree verdi				
illuminazione di centri storici con apparecchi artistici				

**CAM Illuminazione
Pubblica**

Aggiornamento 2017

Tab. n. 13

	LZ1	LZ2	LZ3	LZ4
illuminazione stradale	U1	U1	U1	U1
illuminazione di grandi aree, rotonde, parcheggi	U1	U2	U2	U3
illuminazione di aree pedonali, percorsi pedonali, percorsi ciclabili, aree ciclo-pedonali e illuminazione di aree verdi	U1	U2	U3	U4
illuminazione di centro storico con apparecchi artistici	U2	U3	U4	U5

Tab. n. 14

	U1 (lm)	U2 (lm)	U3 (lm)	U4 (lm)	U5 (lm)
UH	≤ 40	≤ 120	≤ 200	≤ 300	≤ 500
UL	≤ 40	≤ 100	≤ 150	≤ 200	≤ 250

LZ1: ZONE DI PROTEZIONE

LZ2: ZONE A BASSO
CONTRIBUTO LUMINOSO

LZ3: ZONE MEDIAMENTE
URBANIZZATE

LZ4: ZONE DENSAMENTE
URBANIZZATE

Relazioni tecniche e specialistiche

c.3.3) Aspetti illuminotecnico-gestionali e manutentivi

In un'ottica di qualità globale e minor impatto ambientale possibile, oltre agli aspetti sopra esposti, devono essere anche garantiti l'aumento della vita media dei componenti e quindi la riduzione degli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria nel medio/lungo periodo, attraverso l'utilizzo di apparecchiature innovative, munite di sorgenti allo stato solido (LED Light Emitting Diode) e sistemi di gestione intelligente delle stesse (vedi paragrafo c.3.4 "Illuminazione adattiva) in grado di consentire il controllo dello stato dell'impianto d'illuminazione ed interventi mirati di manutenzione.

c.3.4) Illuminazione Adattiva

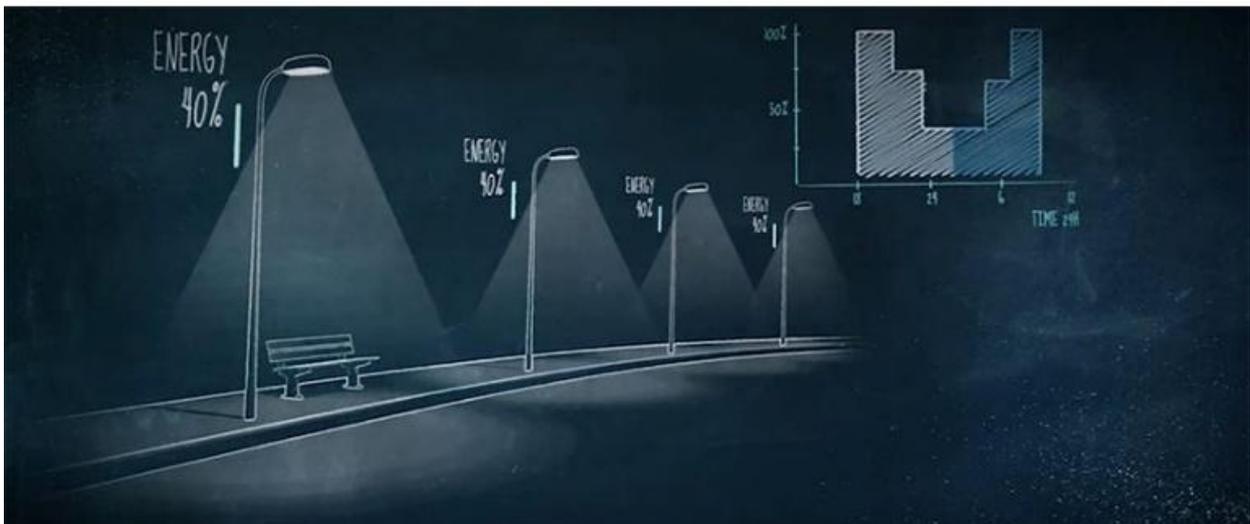
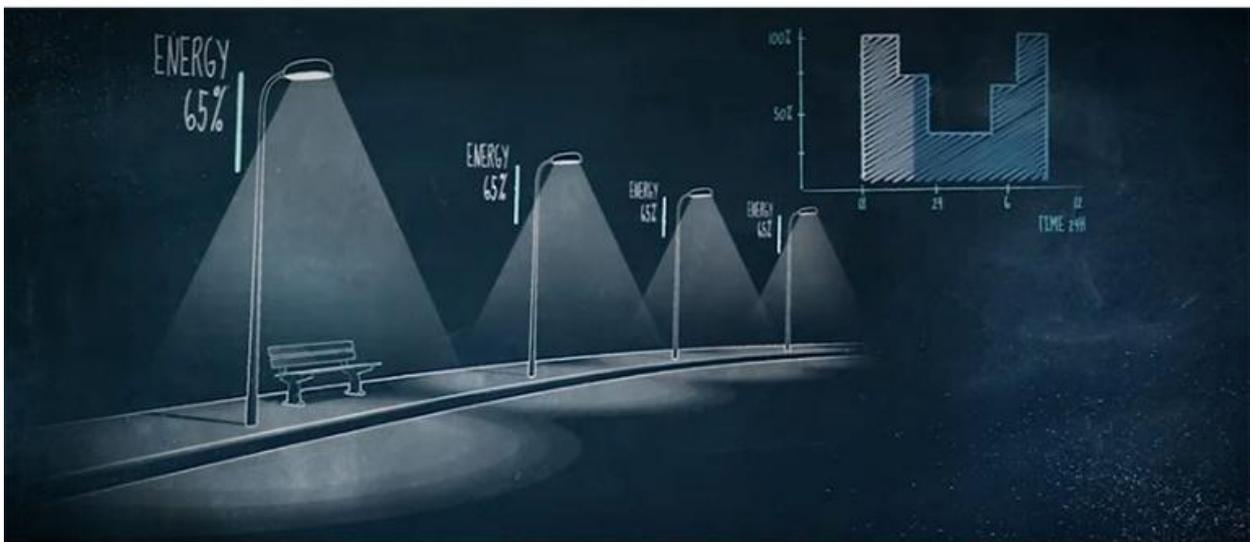
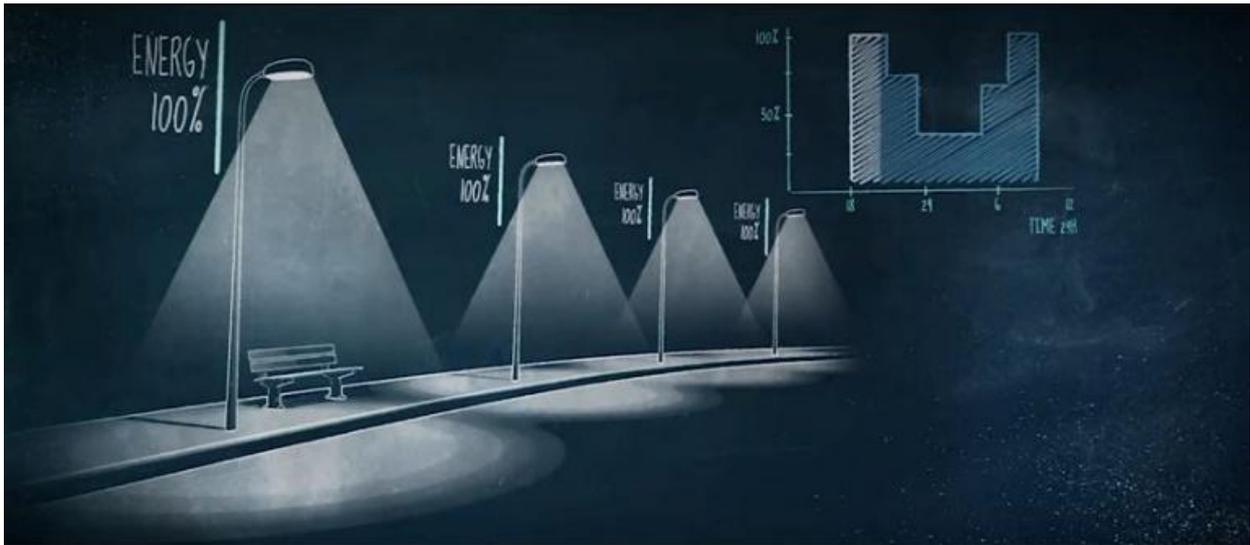
Al fine di massimizzare il controllo degli sprechi energetici, negli ambiti quasi o totalmente agricoli sarà adottato un sistema d'illuminazione adattiva. Che consiste in un sistema di regolazione nella quale le variazioni controllate nel tempo della luminanza o dell'illuminamento sono attuate con continuità in base alle reali condizioni dei parametri di influenza come il flusso orario di traffico, la tipologia di traffico o le condizioni atmosferiche.

La funzione principale è quella di ridurre la potenza per un determinato periodo, quando non è necessario avere il massimo flusso luminoso.

Sistema di controllo su base oraria:

La regolazione della luce avviene su base oraria, 100% fino alle ore 23, tra le ore 23 e la mezzanotte l'accensione sarà ridotta del 25%. Dopo la mezzanotte, in considerazione della riduzione media del traffico si ridurrà ulteriormente l'emissione di luce fino al 40% del funzionamento ordinario.

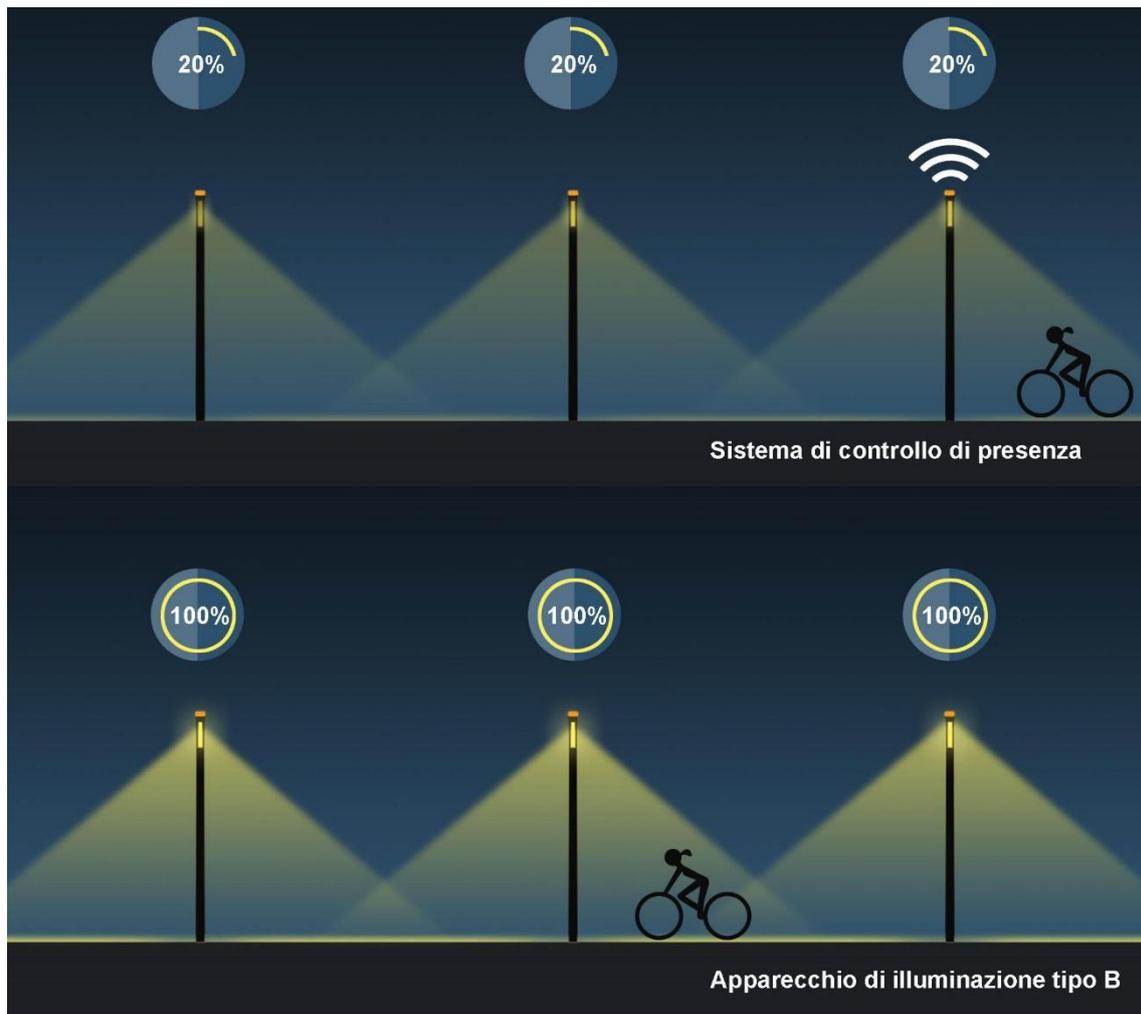
Relazioni tecniche e specialistiche



Relazioni tecniche e specialistiche

Sistema di controllo di presenza:

Nei tratti degli ambiti quasi o totalmente agricoli ciclopedonali sarà adottato un sistema di regolazione adattivo con sensore di presenza, in grado di regolare il flusso luminoso in presenza o meno del fruitore dell'area. Quindi accensione minima ridotta al 20% del flusso luminoso in assenza di fruitore, accensione piena al 100% in presenza di fruitore.



Relazioni tecniche e specialistiche

c.3.5) Sicurezza e prevenzione del crimine

Da tempo ci si interroga sulla valenza dell'illuminazione pubblica nel combattere attività illegali e criminose. È parere di molti esperti che una buona illuminazione, come anche l'utilizzo della luce bianca e una bilanciata distribuzione della luce, abbia un effetto positivo sulla prevenzione del crimine, fungendo da deterrente e conferendo ai cittadini un senso di sicurezza, grazie alla consapevolezza di vivere in un ambiente più protetto.

Nel redigere il progetto è stata data attenzione alla verifica degli illuminamenti orizzontali, verticali e semicilindrici. In particolare, sono questi ultimi che permettono di riconoscere i tratti del viso o porre maggiore attenzione ad ostacoli posti lungo il tragitto. I valori di illuminamento o luminanza considerati in progetto riferiscono alla normativa tecnica di riferimento in materia di Illuminazione stradale.

c.3.6) Qualità paesaggistica

L'installazione dei corpi illuminanti è prevista nel rispetto dei manufatti architettonici e del paesaggio ed altri elementi di pregio artistico e funzionale per l'utilizzo della pista ciclabile e tutti i suoi fruitori. Quindi ad esempio l'illuminazione delle Case cantoniere, ed altri elementi di pregio come le Fontane del Drago ed gallerie che riprendono l'esistenza storica della vecchia ferrovia, oggetto dell'intervento sarà realizzata in considerazione del valore architettonico, dei dettagli, ecc. dell'edificio ed sculture ad esempio. Inoltre, al fine di preservare il paesaggio, negli ambiti quasi o totalmente agricoli è previsto l'utilizzo di corpi illuminanti installati su palo basso, altezza 3m - 4m disposti a monte, mai verso il paesaggio. I parametri illuminotecnici sopra indicati: illuminamento, luminanza, temperatura di colore, resa cromatica, ecc. sono selezionati in considerazione dei valori sopra esposti.

c.3.7) Impatto delle dotazioni tecnologiche e criteri di mitigazione

Nella scelta degli apparecchi si dovrà tener conto della natura del luogo dove dovranno essere collocati, ritenendo necessario renderli meno visibili nelle aree più prossime ambiti cittadini quasi o totalmente agricoli del percorso. Si propone l'utilizzo di sorgenti a LED, che permettono la miniaturizzazione dei corpi illuminanti. Lungo i percorsi ciclo-pedonali per garantire la sicurezza dei fruitori, si è scelto di utilizzare apparecchi montati su palo di 3,50 m. fuori terra, per non interferire con la vista in prospettiva del paesaggio.

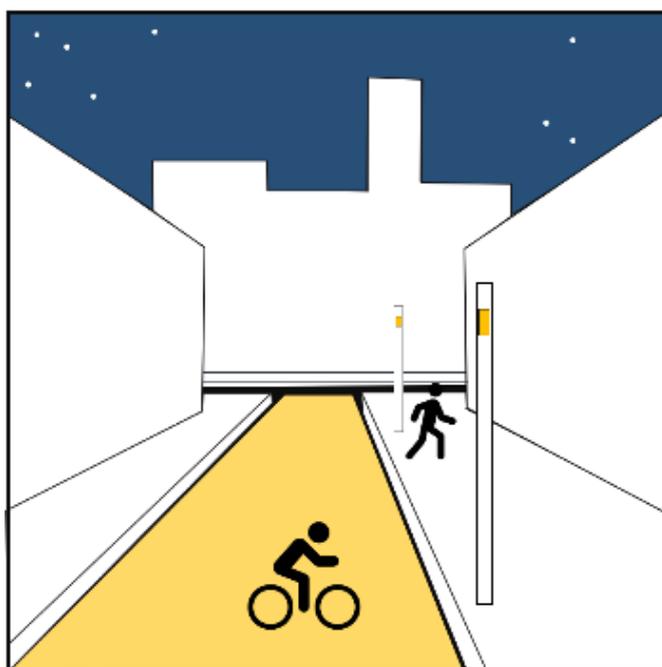
Per mitigare i corpi illuminanti si crede necessario scegliere un design estremamente minimale in modo da non mettere in secondo piano l'oggetto d'attenzione ovvero la pista ciclabile e i suoi spazi pubblici adiacente ed elementi architettonici. Inoltre, la filosofia progettuale prevede di limitare il numero degli apparecchi e di conseguenza semplificare l'impianto.

C.4) METODOLOGIA DI PROGETTO

c.4.1) Approccio Qualitativo, funzionale e tecnologico

La suddivisione tra illuminazione architettonica, funzionale e segnaletica serve unicamente a facilitare l'approccio progettuale. Una buona composizione luminosa viene percepita dal fruitore come un unicum delle tre componenti, ossia un ambiente armonico in cui la vista coglie piacevolmente la pista ciclo pedonale, le gallerie, edifici ed il suo contesto.

ILLUMINAZIONE FUNZIONALE PISTA CICLO PEDONALE



ILLUMINAZIONE ARCHITETTONICA FACCIAE



ILLUMINAZIONE SEGNALAZIONE - IDENTIFICAZIONE



COMPOSIZIONE FINALE



c.4.2) Descrizione tipologia Illuminazione per la Green way Palermo - Monreale

Relazioni tecniche e specialistiche

Tipologia Funzionale

Volta a garantire la fruizione in sicurezza degli spazi pubblici. I parametri di illuminazione sono definiti in considerazione della normativa tecnica in tema di illuminazione degli esterni e strade. In particolare, lungo il percorso della pista ciclopedonale si distinguono aree caratterizzate da diversi valori di illuminamento, dati dalla differente densità di urbanizzazione: in città o sia negli ambiti cittadini fortemente e mediamente urbanizzati (tratti 1, 2 e 3) caratterizzate da un livello di illuminazione alto c'è mediamente più luce a causa della presenza di interferenze di diversa natura, tra cui: vetrine, Insegne luminose, altre illuminazioni private o pubbliche. Per questo motivo nelle aree urbane verrà mantenuta l'illuminazione esistente, vista anche una politica di contenimento dei costi e dato che la distribuzione della luce dai pali esistente già garantiscono un illuminamento adeguato alle piste ciclo pedonale.

Negli ambiti extraurbani fortemente e mediamente urbanizzati (tratti 7, 8, 9, 11 e 14) caratterizzate da un livello di illuminazione medio, verranno predisposti lungo il percorso sistemi di illuminazione su palo alto 3.5m in modo da integrarsi con il paesaggio urbano soltanto quando necessario dato la assenza di sistema di illuminazione in alcuni tratti come da analisi (vedi punto c.2.1 "Percorso pista ciclabile"). Anche per gli ambiti extraurbani, verrà mantenuta l'illuminazione esistente, vista anche una politica di contenimento dei costi e dato che la distribuzione della luce dai pali esistente già garantiscono un illuminamento adeguato alle piste ciclo pedonale.

Negli ambiti cittadini quasi o totalmente agricoli (tratti 5, 6, 10, 12 e 13) caratterizzate da un livello di illuminazione basso invece, data la qualità del paesaggio e vista la volontà di minimizzare l'impatto dell'illuminazione sull'area circostante oltre al rispetto della flora e fauna locale, è previsto un sistema di illuminazione adattivo (vedi paragrafo c.3.3 "Aspetti illuminotecnico-gestionali e manutentivi"). Sono rispettati i canoni d'illuminazione previsti dalle normative vigenti. Sotto, la tabella riassuntiva che presenta i valori delle classi illuminotecnica a seconda dei tratti e tipologie di apparecchi di illuminazione scelti (vedi punto c.5.1 "Corpi Illuminanti, sorgenti e tecnologia, Sezioni tipo per tratti urbani").

Relazioni tecniche e specialistiche

ILLUMINAZIONE FUNZIONALE - PISTA CICLO PEDONALE / GALLERIE / PASSAGGI SOPRAELEVATI					
Ambito	Tratti	Livello di Illuminazione generale del contesto	Classe Illuminotecnica per aree ciclo pedonale (ref: UNI 11248:2012)	Illuminazione Addattiva	Tipologie apparecchi (vedi punto 5.1)
Cittadino Fortemente Urbanizzato	1, 2	Alto	P2	NO	A, F, D
Cittadino Mediamente Urbanizzato	3, 4	Medio	P2	NO	A, F, D
Extra-urbano Fortemente Urbanizzato	7, 11	Medio	P3	NO	A,B,E,F
Extra-urbano Mediamente Urbanizzato	8, 9, 14	Medio	P3	NO	A,B,E,F
Cittadino Quasi Agricolo	5	Basso	P4	SI	B
Cittadino Totalmente Agricolo	6	Basso	P4	SI	B
Extra-urbano totalmente o quasi totalmente agricolo	10, 12, 13	Basso	P5	SI	B
Gallerie	11, 12b, 13	Medio	P2	SI	H, J
Passaggi Sopraelevati	1, 7, 11	Medio	P2	SI	D, E

Table 3 — P lighting classes

Class	Horizontal illuminance		Additional requirement if facial recognition is necessary	
	\bar{E}^a [minimum maintained] lx	E_{min} [maintained] lx	$E_{v,min}$ [maintained] lx	$E_{sc,min}$ [maintained] lx
P1	15,0	3,00	5,0	5,0
P2	10,0	2,00	3,0	2,0
P3	7,50	1,50	2,5	1,5
P4	5,00	1,00	1,5	1,0
P5	3,00	0,60	1,0	0,6
P6	2,00	0,40	0,6	0,2
P7	performance not determined	performance not determined		

* To provide for uniformity, the actual value of the maintained average illuminance shall not exceed 1,5 times the minimum \bar{E} value indicated for the class.

NOTE 4 A high colour rendering contributes to a better facial recognition.

Tipologia Architettonica

L'illuminazione architettonica, intesa come unione tra l'illuminazione esterna generale degli edifici e l'aggiunta di illuminazione d'accento per evidenziare la consistenza di alcuni elementi architettonici nelle gallerie e case cantoniere ad esempio, è pensata invece per dare rilievo ed enfasi alle architetture che disposte tutto il percorso come parte integrante e di grande valore per la fruizione e riconoscimento degli elementi che riprendono la vecchia ferrovia.

Relazioni tecniche e specialistiche

Un approccio progettuale per renderle presenti e chiaramente riconoscibili questi elementi architettonici di tale importanza, può essere esplicitato attraverso un'illuminazione uniforme a radianza di tutta la superficie delle facciate di modo a farle visibili e riconoscibili la forma e il volume particolare di tali edifici e i suoi elementi distinti. Una illuminazione di accento è prevista per l'identificazione degli elementi architettonici peculiari e salienti come sculture e segni della vecchia ferrovia che emergeranno dal tessuto urbano facendo sì che l'attenzione scemi gradualmente con l'aumentare dell'intensità luminosa.

Lungo il percorso del progetto così suddiviso, sono presenti degli elementi architettonici riconoscibili da ricevere illuminazione esterna dedicata per quanto riguarda i valori estetici e storici:

- Stazioni di inizio e fine percorso
- Case Cantoniere e Stazione intermedie
- Fontane del Drago

ILLUMINAZIONE ARCHITETTONICA - STAZIONI / CASE CANTONIERE / FONTANA				
Elementi architettonici da valorizzare con l'illuminazione esterna	Tratti	Livello di Illuminazione generale del contesto	Illuminamento medio raccomandato (Lux)	Tipologie apparecchi (vedi punto 5.1)
Stazione inizio percorso Palermo	1	Alto	30	C, G, P
Stazione fine percorso Monreale	14b	Alto	30	C, G, P
Casa Cantoniera Uditore	4, 5, 6	Medio	15	C, G
Stazione Uditore	4, 5, 6	Medio	15	C, G, P
Casa Cantoniera Sto. Isidoro	8, 9	Basso	10	C, G
Stazione Baida	10	Medio	15	C, G, P
Casa Cantoniera Baida	10	Basso	10	C, G
Viadotto Boccadifalco	11	Medio	15	D, G
Casa Cantoniera Rocca	12b	Basso	10	C, G
Fontana del Drago	13	Medio	15	C, G, P
Casa Cantoniera Monreale	14b	Basso	10	C, G

Tipologia di Segnalazione

Volta ad identificare il percorso all'interno della maglia urbana, extraurbana e agricola tramite l'utilizzo di sistemi luminosi a basso consumo energetico ed utilizzo dei colori come punti di riferimento

Relazioni tecniche e specialistiche

del territorio Siciliano. Attraverso l'uso della luce per segnalazione vi sarà la possibilità di rendere identificabili e riconoscibili gli interventi di progetto, all'interno di un percorso unitario caratterizzerà la peculiarità urbana e testimoniale del territorio. La segnalazione, cui è affidata la funzione di dare continuità visiva alla pista ciclabile, quindi di ricostruire e tracciare il perimetro del sistema a cui essa appartiene.

Per creare un percorso facilmente identificabile da pedoni e ciclisti si crede opportuno proporre d'istallare un dispositivo a LED a colore di segnalazione alla sommità degli apparecchi dedicati alle piste ciclabili. La tipologia del diodo alimentato con un basso wattaggio permette di essere visto da coloro che si trovano nelle vicinanze delle mura e di segnalare la presenza della fortificazione.

La mappa realizzata sulla Tavola 15 rappresenta il piano di illuminazione della Green way Palermo-Monreale e le tipologie adottate lungo tutto il percorso del progetto

5) DESCRIZIONI PROGETTO

c.5.1) Corpi Illuminanti, sorgenti e tecnologia, Sezioni tipo per tratti urbani

Corpi illuminanti

La scelta dei corpi illuminanti è definita a partire dalle diverse caratteristiche morfologiche e strutturali della pista ciclo-pedonale e gallerie in progetto, e in considerazione di una politica di contenimento dei costi, risparmio energetico ed economia di gestione per una nuova illuminazione di pregio lungo il tutto percorso della Green way Palermo – Monreale.

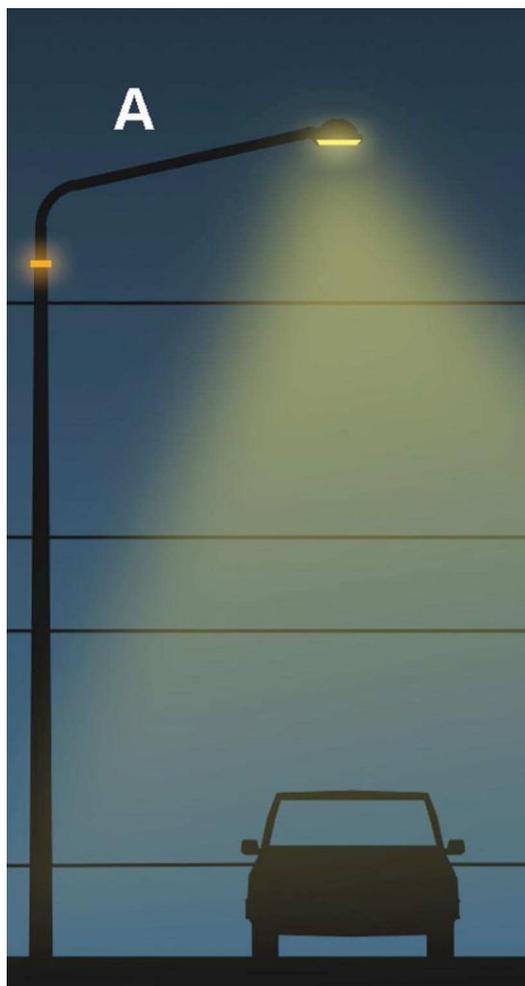
Nell'abaco degli apparecchi di illuminazione vengono rappresentati in maniera schematica tutti le tipologie dei corpi illuminanti per la pista ciclopedonale, architettonica e gallerie, oltre i diversi sistemi di montaggio per l'illuminazione architettonica, le famiglie di pali, proiettori lineare integrati alle strutture e i sistemi a binario elettrificato e flessibile per le gallerie. L'abaco dei corpi illuminati illustra le soluzioni che sono state adottate per comporre le tipologie di illuminazione descritte nel punto c.4.2 "Descrizione tipologia Illuminazione per la Green way Palermo – Monreale".

Corpi illuminanti tipo A - Nei tratti cittadini fortemente e mediamente urbanizzati (tratti 1, 2 e 3) e nei tratti cittadini e extraurbani fortemente e mediamente urbanizzati (tratti 4, 7, 8, 9, 11 e 14) si è deciso di mantenere l'illuminazione esistente con l'aggiunta di dispositivi a basso consumo energetico a LED color ambra su palo per l'identificazione del percorso, che sopra è stata definita come illuminazione segnaletica. Tranne in alcune eccezione per i tratti extraurbani dove ce l'assenza di corpi illuminati, come da analisi (vedi punto c.2) verrà aggiunta dei nuovi pali di tipo B.

La scelta di mantenere i sistemi d'illuminazione esistente è stata definita in fase di analisi, visto che la disposizione e altezze dei corpi illuminate, sufficienti a garantire i livelli di illuminamenti adeguati dato la normativa, risparmiando in questo modo i costi che saranno investiti nell'implementazione nelle

Relazioni tecniche e specialistiche

aree esterne, in cui la nuova illuminazione può rappresentare un reale valore aggiunto.



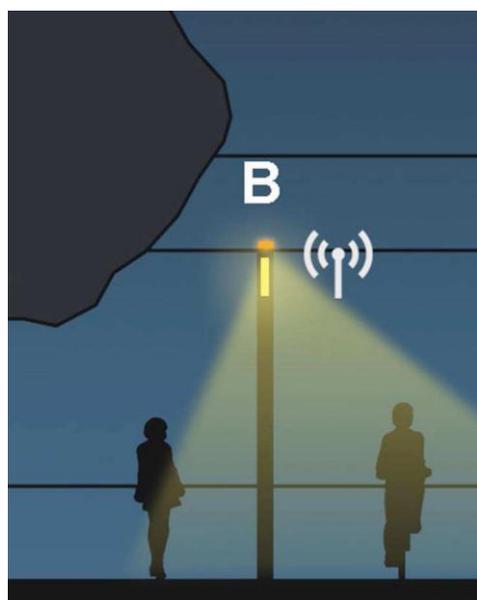
Corpi illuminanti tipo B, C: Negli ambiti cittadini e extraurbani quasi o totalmente agricoli (tratti da 5, 6, 10, 12 e 13) e nelle addicente aree pubbliche, intorno alle stazioni e case cantoniere, rappresentano i luoghi dove l'implementazione dei nuovi sistemi di illuminazione è maggiormente necessario. Per questo motivo la scelta è definita in una soluzione di un'unica famiglia tipologica, con distribuzione fotometrica a seconda di quella che la funzione da illuminare. Questa famiglia è composta da pali che sono più che un semplice apparecchio di illuminazione, potendo adattarsi sia in altezza (da 3.5m fino a 5m) ma anche sulla performance della distribuzione dei fasci luminoso. La tipologia B rappresenta la distribuzione asimmetrica adatta alle piste ciclo pedonale riducendo l'inter distanza dei pali così risparmiare su tutto il sistema. La tipologia C ha una distribuzione della luce più uniforme e roto simmetrica di modo a garantire più confort agli spazi pubblici e aree di soste del percorso.

Il sistema a palo polifunzionale biemissione è un sistema di illuminazione completo, che risponde alle esigenze di illuminazione urbana per la pista ciclo pedonale. Grazie alla varietà e alla versatilità dei suoi elementi il sistema si configura facilmente per adattarsi al suo specifico ambiente urbano

Relazioni tecniche e specialistiche

e paesaggistico. In particolare, al sistema palo proposto è integrata la componentistica elettronica per l'illuminazione adattiva (vedi paragrafo c.3.4).

Il sistema proposto, oltre alla funzionalità di illuminazione può alloggiare altri servizi pubblici come prese elettriche, acqua, sistemi di telecamere a circuito chiuso, ecc.



Corpi illuminanti tipo D e E: In alcune sezioni del progetto si presentano delle difficoltà per l'utilizzo del sistema a palo per l'illuminazione funzionale. Dove non è possibile l'applicazione dei sistemi a pali, ad esempio nei passaggi sopraelevati, viadotto e tra le mura esistenti, sono stati scelti sistemi di illuminazione ad incasso a parete o dei corpi illuminanti lineari con fotometria asimmetrica di dimensione molto ristrette che possono essere integrati alle strutture esistenti o nuove da progetto. La scelta dei corpi illuminanti si basa su le macro tipologie identificate lungo il percorso della pista ciclo-pedonale più in dettaglio descritti nel punto c.5.2).

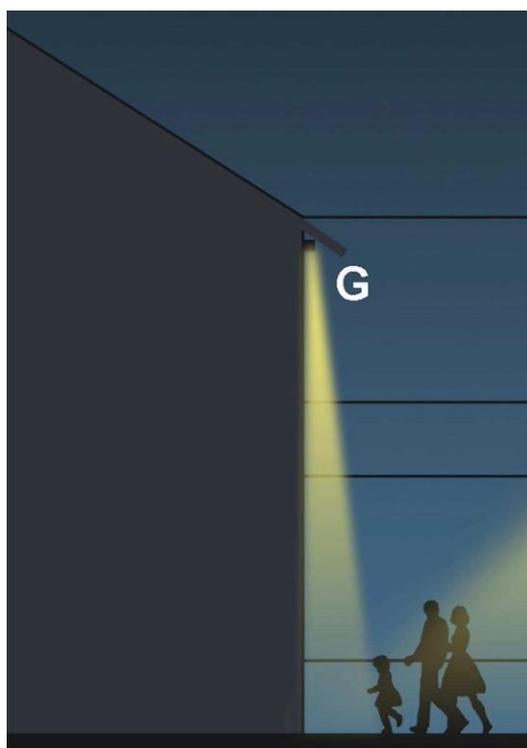


Relazioni tecniche e specialistiche

Corpi illuminanti tipo F: Incassi a terra a basso consumo energetico ed economico con dispositivi a LED colorati per l'illuminazione della segnaletica che permettesse di avvertire ciclisti e pedoni di trovarsi lungo la Green way Palermo - Monreale. Sistemi luminosi disposti lungo tutto i percorsi, sia nei tratti urbani, extraurbani ed agricoli ed anche nelle gallerie dove non si possono utilizzare i sistemi a palo (vedi punto c.4 della relazione)



Corpi illuminanti tipo G: Visto l'obiettivo di valorizzazione attraverso l'illuminazione esterna degli elementi architettonici presenti lungo il percorso della Green way, un'illuminazione di dettaglio in cui sono utilizzati corpi illuminanti lineari di dimensione ridotta e con la possibilità di distribuzione della luce a radenza o a determinati fasci luminosi a seconda dell'elemento da illuminare, cambiando le lenti ed accessori. I proiettori verranno posizionati sotto gronda, nel rispetto della normativa in materia di controllo del fenomeno dell'inquinamento luminoso (vedi punto c.3)



Relazioni tecniche e specialistiche

Corpi illuminanti tipo H e J: Sistema di illuminazione funzionale e temporaneo dedicato alle gallerie. La scelta si basa su soluzione con blindo elettrificata, centralizzato sulla parte superiore della galleria, potendo ospitare diversi soluzioni per i fasci luminosi e distribuzione a seconda delle modalità di uso specifico che verranno aggiudicate le gallerie. Il sistema dispone di 2 tipologie diversi di corpi illuminanti: i corpi illuminanti H sono dedicati all'illuminazione funzionale e permanente e sono dotati di sistemi di controllo per la gestione intelligente del sistema. I corpi illuminanti sono caratterizzati da un'emissione rotosimmetrica floodlight e griglia anti abbagliamento.

I corpi illuminanti J, sono invece ad emissione luminosa concentrata, orientabile verso le superficie verticale delle gallerie per l'illuminazione di dettaglio di elementi espositivi che potrebbero essere posti lungo il percorso. La luce emessa può essere bianca o RGBW, per creare degli effetti luminosi e atmosfere per eventi speciali.



Relazioni tecniche e specialistiche

Corpi illuminanti tipo P: Per poter evidenziare alcuni dettagli architettonici si è deciso di utilizzare piccoli proiettori orientabile con la possibilità di svariate scelte dei fasci luminosi e ad alta efficienza luminosa. Questi proiettori verranno posizionati in corrispondenza dell'elemento ad essere illuminato e la distanza varia a seconda del fascio luminoso. Sono da utilizzare solo in alcuni aree del progetto ad esempio sulle stazioni e la fontana del Drago che hanno un alto valore storico e architettonico potendo essere dei punti di attrazione per il percorso ciclo pedonale.



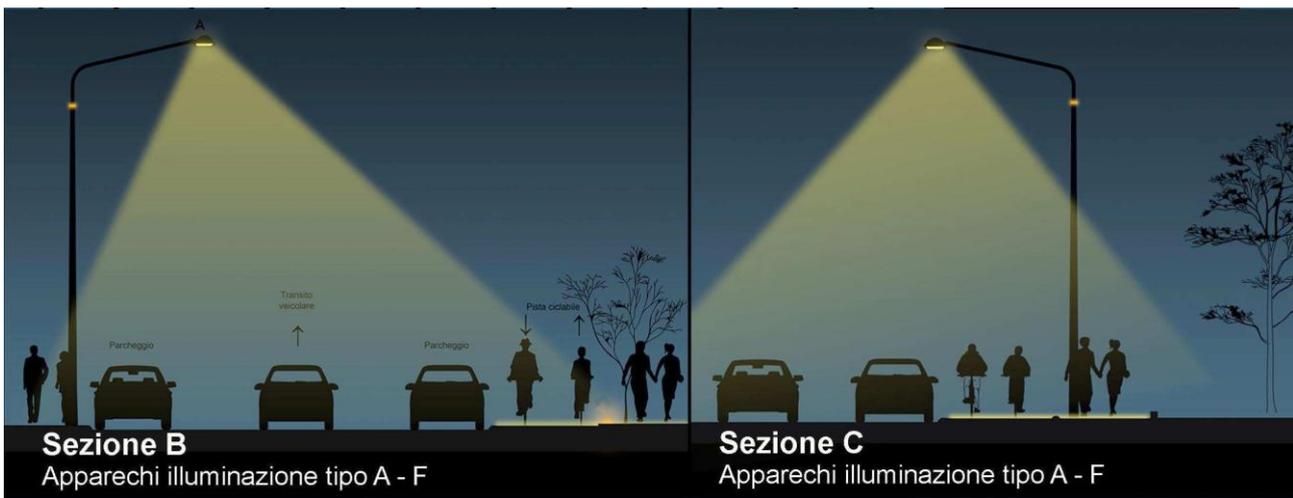
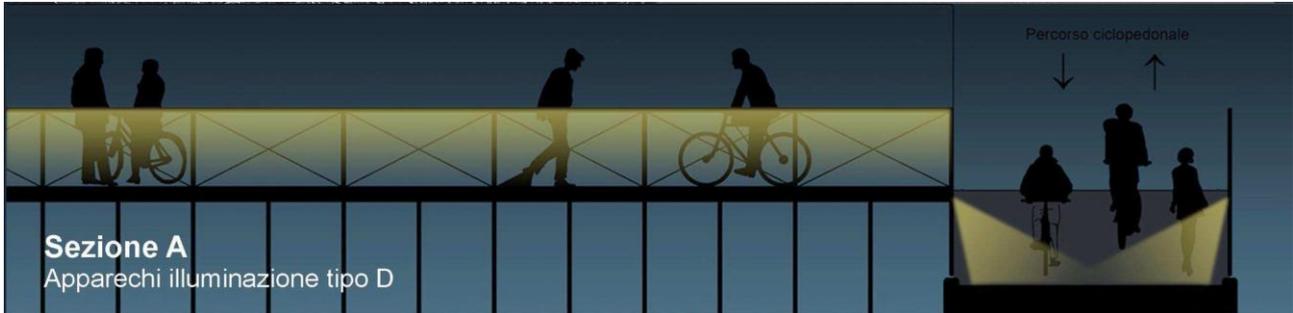
Sorgente e tecnologia

Le sorgenti scelte, sia per l'illuminazione funzionale, architettonica e segnaletica, saranno di tipo LED ad alta efficienza luminosa 100 lm/W per i LED, potenze relative per le piste ciclo pedonale che vanno da 20W – 50W, e per i corpi illuminati per l'illuminazione architettonica le potenze che vanno dal 9W -35W. Questi ultimi, grazie alle caratteristiche intrinseche del diodo, ovvero la miniaturizzazione, avranno un sistema ottico che consente un maggior controllo della luce indirizzandola di fatto dove serve con la conseguenza di aumentare il rendimento complessivo dell'impianto. A favore di tale tecnologia c'è anche la lunga durata della vita media delle lampade (50.000 ore) che consente l'installazione anche in luoghi difficilmente raggiungibili per la manutenzione. Lungo tutto il tracciato della pista ciclo pedonale, edifici e gallerie le sorgenti da prediligere hanno una resa cromatica maggiore di 80. Il produttore di apparecchi deve fornire una garanzia di almeno 7 anni per l'integrità della struttura dell'apparecchio e per l'intero assieme (eccetto componenti elettrici) contro qualsiasi difetto in condizioni di manipolazione, installazione e manutenzione standard. Tutti gli apparecchi di illuminazione devono essere accessibili per la manutenzione (sostituzione, sostituzione degli alimentatori, pulizia di tutti i gruppi ottici) da parte di un solo elettricista con la necessità di un solo utensile. I riflettori ottici saranno tutti in alluminio anodizzato privo di iridescenza. Tutti gli accessori e gli accessori di montaggio devono essere in acciaio zincato a caldo o in acciaio inossidabile. Tutti gli apparecchi di illuminazione avranno il loro alimentatore integrato nel corpo dell'apparecchio e saranno progettati per accettare il reattore per il sistema di controllo e illuminazione adattiva e il cablaggio standard necessario per il suo funzionamento. Tutti gli apparecchi utilizzati per il progetto sia per l'illuminazione funzionale che architettonica devono avere un grado di protezione IP di almeno 65, eccetto i proiettori per la vasca della Fontana del Drago che devono avere una maggiore protezione per l'immersione IP68.

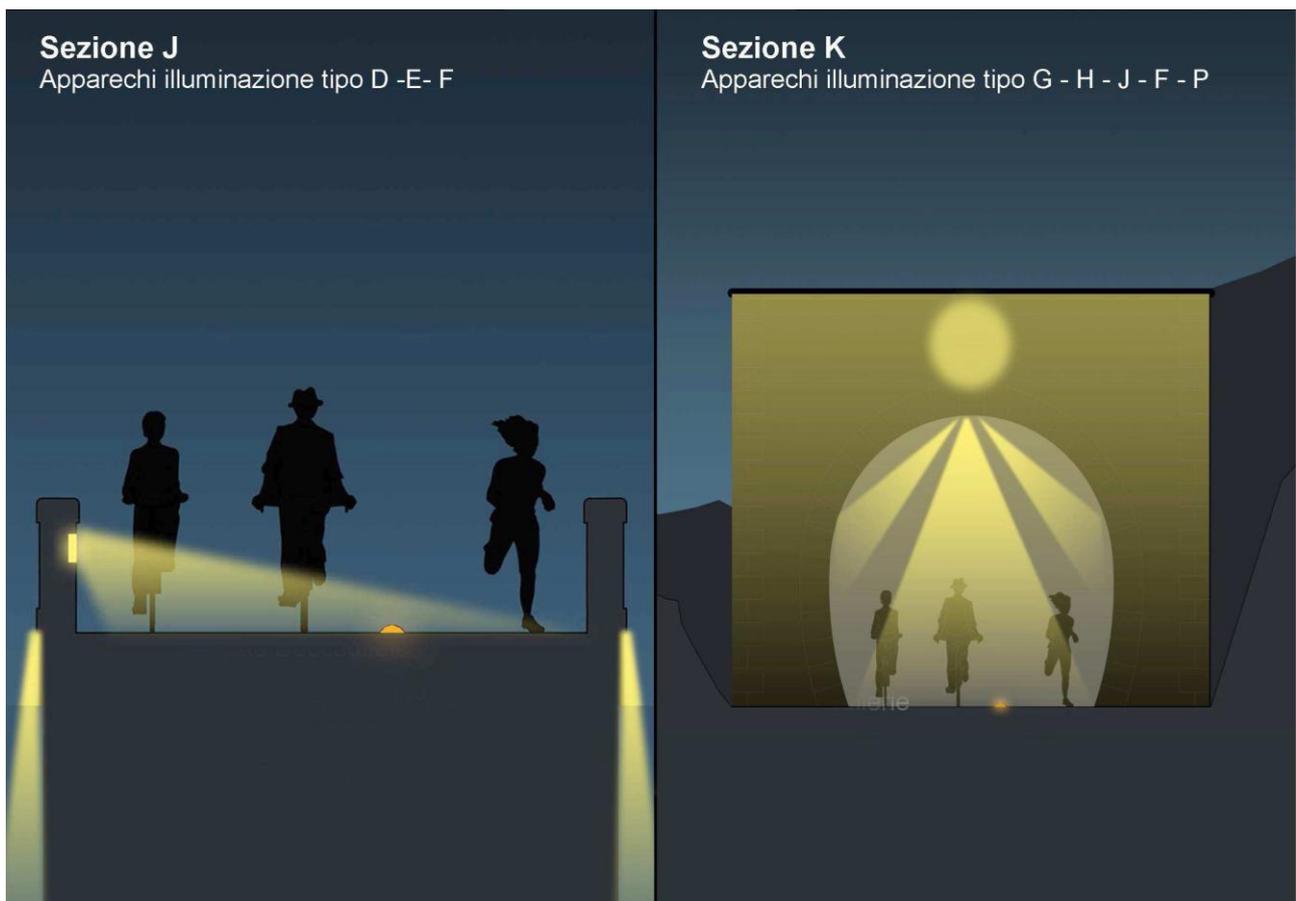
Tutti gli apparecchi con un'uscita da incasso definita (ad esempio illuminazione pista ciclo pedonale) non devono superare 30 cd / klm a 70° di elevazione, 20 cd / klm a 80° di elevazione e 5 cd / klm a un'altitudine di 90°. Tutti gli altri apparecchi di illuminazione devono essere dotati di accessori fabbricati e forniti dal produttore di apparecchi di illuminazione per evitare l'abbagliamento agli angoli di visuale dell'apparecchio in cui non è prevista l'emissione di luce. Tali accessori devono essere preferibilmente integrati nell'apparecchio di illuminazione. Tuttavia, se sono esterni a questo, rispondono a tutte le limitazioni di costruzione, montaggio e IK.

c.5.2) Sezioni tipo per tratti urbani

Pista Ciclo pedonale



Relazioni tecniche e specialistiche



Edifici - Illuminazione architettonica esempi



Case cantoniera S. Isidoro: Illuminazione facciata tramite proiettori lineari tipo G sotto gronda e illuminazione a palo tipo C per spazio pubblico adiacente.

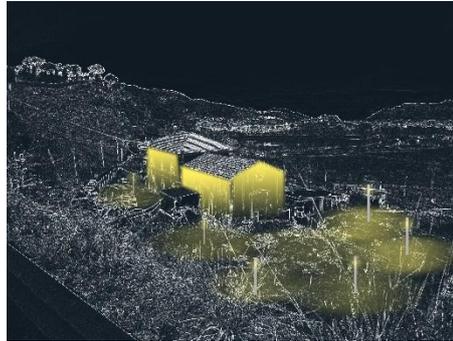
Fontana del Drago: Illuminazione con piccoli proiettori orientabile da esterno P per le statue e proiettori a immersione IP68 per la vasca.



Viadotto Boccadifalco: Illuminazione a radenza realizzata con proiettori lineari D e G posizionati in corrispondenza del bordo esterno. Vedi sezione J.

Relazioni tecniche e specialistiche

Stazione Baida: Illuminazione facciata tramite proiettori lineari tipo G sotto gronda e illuminazione a palo tipo C per spazio pubblico adiacente.



Relazioni tecniche e specialistiche

c.6) COSTI PRESUNTI

Nel seguito si riportano i costi presunti suddivisi per tratti e tipologie.

Progetto Green way Palermo – Monreale

Costi impianto d'illuminazione funzionale e di segnalazione

TRATTO 1: AMBITO CITTADINO FORTEMENTE URBANIZZATO

Lunghezza tratto (m):		1000	
<i>Apparechi di Illuminazione adotato</i>			
F - Diodo colore ambra LED integrato al palo esistente (A) per illuminazione segnaletica	Euro (€)	Quantità	Totale (€)
	50	33	1.666,67

TRATTO 2: AMBITO CITTADINO FORTEMENTE URBANIZZATO

Lunghezza tratto (m):		866	
<i>Apparechi di Illuminazione adotato</i>			
F - Diodo colore ambra LED integrato al palo esistente (A) per illuminazione segnaletica	Euro (€)	Quantità	Totale (€)
	50	29	1.443,33

TRATTO 3: AMBITO CITTADINO MEDIAMENTE URBANIZZATO

Lunghezza tratto (m):		440	
<i>Apparechi di Illuminazione adotato</i>			
F - Diodo colore ambra LED integrato al palo esistente (A) per illuminazione segnaletica	Euro (€)	Quantità	Totale (€)
	50	15	733,33

TRATTO 4: AMBITO CITTADINO MEDIAMENTE URBANIZZATO

Lunghezza tratto (m):		590	
<i>Apparechi di Illuminazione adotato</i>			
F - Diodo colore ambra LED integrato al palo esistente (A) per illuminazione segnaletica	Euro (€)	Quantità	Totale (€)
	50	20	983,33

TRATTO 5: AMBITO CITTADINO QUASI TOTALMENTE AGRICOLO

Lunghezza tratto (m):		320	
<i>Apparechi di Illuminazione adotato</i>			
B - Palo emissione asimmetrica per piste ciclo pedonale con LED colore ambra integrato e dotato di sistemi di controllo per l'illuminazione adattiva IP65 LED Ra>80 4000K	Euro (€)	Quantità	Totale (€)
	1000	16	16.000,00

TRATTO 6: AMBITO CITTADINO TOTALMENTE AGRICOLO

Lunghezza tratto (m):		346	
<i>Apparechi di Illuminazione adotato</i>			
B - Palo emissione asimmetrica per piste ciclo pedonale con LED colore ambra integrato e dotato di sistemi di controllo per l'illuminazione adattiva IP65 LED Ra>80 4000K	Euro (€)	Quantità	Totale (€)
	1000	17	17.300,00

TRATTO 7: AMBITO EXTRA-URBANO FORTEMENTE URBANIZZATO

Lunghezza tratto (m):		1000	
<i>Apparechi di Illuminazione adotato</i>			
F - Diodo colore ambra LED integrato al palo esistente (A) per illuminazione segnaletica	Euro (€)	Quantità	Totale (€)
	50	33	1.666,67

Relazioni tecniche e specialistiche

TRATTO 8 e 9: AMBITO EXTRA-URBANO MEDIAMENTE URBANIZZATO			
Lunghezza tratto (m):		1240	
<i>Apparechi di Illuminazione adottato</i>			
F - Diodo colore ambra LED integrato al palo esistente (A) per illuminazione segnaletica	Euro (€)	Quantità	Totale (€)
	50	41	2.066,67
TRATTO 10: AMBITO EXTRA-URBANO TOTALEMENTE O QUASI TOTALMENTE AGRICOLO			
Lunghezza tratto (m):		1382	
<i>Apparechi di Illuminazione adottato</i>			
B - Palo emissione asimmetrica per piste ciclo pedonale con LED colore ambra integrato e dotato di sistemi di controllo per l'illuminazione adattiva IP65 LED Ra>80 4000K	Euro (€)	Quantità	Totale (€)
	1000	69	69.100,00
TRATTO 11: AMBITO EXTRA-URBANO FORTEMENTE URBANIZZATO			
Lunghezza tratto (m):		600	
<i>Apparechi di Illuminazione adottato</i>			
F - LED integrato al palo esistente (A) per illuminazione segnaletica	Euro (€)	Quantità	Totale (€)
	50	20	1.000,00
TRATTO 12a e 12b: AMBITO EXTRA-URBANO TOTALEMENTE O QUASI TOTALMENTE AGRICOLO			
Lunghezza tratto (m):		1530	
<i>Apparechi di Illuminazione adottato</i>			
B - Palo emissione asimmetrica per piste ciclo pedonale con LED colore ambra integrato e dotato di sistemi di controllo per l'illuminazione adattiva IP65 LED Ra>80 4000K	Euro (€)	Quantità	Totale (€)
	1000	77	76.500,00
TRATTO 13: AMBITO EXTRA-URBANO TOTALEMENTE O QUASI TOTALMENTE AGRICOLO			
Lunghezza tratto (m):		580	
<i>Apparechi di Illuminazione adottato</i>			
B - Palo emissione asimmetrica per piste ciclo pedonale con LED colore ambra integrato e dotato di sistemi di controllo per l'illuminazione adattiva IP65 LED Ra>80 4000K	Euro (€)	Quantità	Totale (€)
	1000	29	29.000,00
TRATTO 14a e 14b: AMBITO EXTRA-URBANO MEDIAMENTE URBANIZZATO			
Lunghezza tratto (m):		1760	
<i>Apparechi di Illuminazione adottato</i>			
F - LED integrato al palo esistente (A) per illuminazione segnaletica	Euro (€)	Quantità	Totale (€)
	50	59	2.933,33
GALLERIE			
Lunghezza tratto (m):		1060	
<i>Apparechi di Illuminazione adottato</i>			
H - Downlights su binario elettrificato dotato di sistemi per illuminazione adattiva per illuminazione permanente sulle piste IP65 LED Ra>80 4000K	Euro (€)	Quantità	Totale (€)
	450	133	59.625,00
J - Spotlights su binario elettrificato dotato di sistemi per illuminazione temporanea delle superficie verticale IP65 LED Ra>80 3000K (RGBW)	Euro (€)	Quantità (amb lati) x2	Totale (€)
	400	141	56.533,33

Relazioni tecniche e specialistiche

PASSAGGI SOPRAELEVATI E PONTI DA PROGETTO

Lunghezza tratto (m): 100

Apparechi di Illuminazione adottato

D - Profilo lineare emissione asimmetrica integrato alla struttura
dotato di sistemi per illuminazione adattiva (D) IP65 LED Ra>80
4000K

Euro (€)	Quantità	Totale (€)
200	20	4.000,00

VIADOTTO BOCCADIFALCO

Lunghezza tratto (m): 130

Apparechi di Illuminazione adottato

E - Apparecchi ad incasso a parete emissione asimmetrica
integrato di illuminazione adattiva (E) IP65 LED Ra>80 4000K

Euro (€)	Quantità	Totale (€)
300	13	3.900,00

TOTALE:	765	344.451,67
----------------	------------	-------------------