

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA  
 LEGGE OBIETTIVO N. 443/01  
 LINEA A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA Tratta MILANO – VERONA  
 Lotto Funzionale Brescia-Verona  
 PROGETTO DEFINITIVO**

**SOTTOVIA ALLA PROG. 87+611 LINEA A.C.**

**RELAZIONE GENERALE DI PROGETTO**

L. PROGETTISTA INTEGRATORE

**saipem spa**  
Tommaso Taramita

Dottore in Ingegneria Civile iscritto all'Albo degli Ingegneri della Provincia di Milano al n. 4227/01 (Sez. A Settori speciale e ambientale) in possesso di dell'informazione N. 443/01  
 Tel. 02.5202157 Fax 02.52021509  
 C.F. e P.IVA: 0093799037

L. PROGETTISTA

**saipem spa**  
Tommaso Taramita

Dottore in Ingegneria Civile iscritto all'Albo degli Ingegneri della Provincia di Milano al n. 4227/01 (Sez. A Settori speciale e ambientale) in possesso di dell'informazione N. 443/01  
 Tel. 02.5202157 Fax 02.52021509  
 C.F. e P.IVA: 0093799037

ALTA SORVEGLIANZA



Verificato	Data	Approvato	Data

COMMESSA    LOTTO    FASE    ENTE    TIPO DOC.    OPERA/DISCIPLINA    PROGR.    REV.

I	N	0	5	0	0	D	E	2	R	G	S	L	7	7	0	0	0	0	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

PROGETTAZIONE GENERAL CONTRACTOR									Autorizzato/Data
Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Consorzio Cepav due Project Director Ing. F. Lombardi Data: _____
0	31.03.14	Emissione per CdS	M.T.	31.03.14	ADAMO	31.03.14	LAZZARI	31.03.14	

SAIPEM S.p.a. COMM. 032121

Data: 31.03.14

File: 41313\_08.doc

Progetto cofinanziato  
dalla Unione Europea

CUP.: F81H91000000008

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 41313\_08.doc

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
D E2 RG SL7700 001

Rev.  
0

Foglio  
2 di 11

## **INDICE**

TRACCIATO	3
RACCORDO CON LA VIABILITÀ ESISTENTE	3
SEZIONI STRADALI TIPO	4
DIAGRAMMI DI VELOCITÀ	5
VERIFICHE PLANIMETRICHE SECONDO D.M. 05/11/2001	5
SEQUENZA ELEMENTI PLANIMETRICI	5
VERIFICHE ALTIMETRICHE SECONDO D.M. 05/11/2001	6
SEQUENZA ELEMENTI ALTIMETRICI	7
POSIZIONAMENTO DELLE OPERE	8
ALLARGAMENTI CARREGGIATA	9
VISIBILITÀ	9
IMPIANTO D'ILLUMINAZIONE	11

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 41313\_08.doc

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
D E2 RG SL7700 001

Rev.  
0

Foglio  
3 di 11

## **TRACCIATO**

La presente relazione riguarda il tracciato della nuova strada di progetto (categoria "F2") posta alla prog. Km 87+611.79 della linea A.C.

La progettazione è stata svolta in accordo alle indicazioni del "Nuovo Codice della strada" ed al D.M. 5/11/2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade".

Diversamente dal progetto preliminare, in cui era prevista la realizzazione di una nuova viabilità fuori asse rispetto alla strada esistente ed il contemporaneo innesto della stessa nella rotatoria dello svincolo di Ghedi (progetto ACP), si è deciso di mantenersi in asse alla SC via Ghedi esistente, limitando il più possibile l'intervento in senso longitudinale e risalendo il prima possibile a lato sud (con posizionamento del minimo idraulico a nord) in maniera tale da permettere l'attraversamento a raso, regolato da passaggio a livello, tra il raccordo ferroviario previsto per accedere al cantiere di armamento e la nuova viabilità di progetto.

Il progetto prevede pertanto la modifica della strada comunale via Ghedi, interferita dalla linea ferroviaria AV/AC Milano - Verona, al fine di ripristinare la continuità dei collegamenti lungo la direttrice nord - sud.

L'intervento in oggetto comporta la realizzazione di un nuovo sottopasso per strada tipo "F2" sotto la linea AC ed costituito da due rettifili (ricalcanti gli allineamenti esistenti a monte ed a valle della nuova ferrovia AV) e da un'unica curva circolare (con i relativi elementi di transizione). Tale soluzione, rispetto a quella prevista dal progetto preliminare, consente inoltre di limitare notevolmente l'impatto dell'opera sulla vicina cava di ghiaia.

Come precedentemente accennato il tracciato di progetto si sviluppa in direzione nord-sud per una estensione complessiva di 270.700 m, ed il sottopasso scatolare si pone nel tratto di transizione.

Il tracciamento altimetrico è vincolato esclusivamente dal franco minimo verticale (di 5.20 m) da garantire in corrispondenza del sottovia alla linea AV/AC Milano Verona. Come si può vedere dal profilo longitudinale allegato, tale limite viene soddisfatto in ogni punto della piattaforma stradale (infatti il limite di 5.42 m garantito in asse al nuovo tracciato trova giustificazione nel fatto che il manufatto scatolare si trova in clotoide e quindi i 5.20 m minimi richiesti sono garantiti sul ciglio destro della piattaforma a causa della rotazione dello stesso).

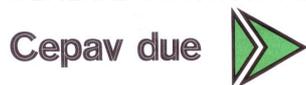
Il vincolo di risalire il più velocemente possibile a sud della linea, in maniera tale da ridurre l'interferenza con il cantiere d'armamento, ha determinato il posizionamento del minimo idraulico a nord della linea AC, ed ha determinato la scelta di limitare la velocità di progetto al valore di 50 Km/h per ridurre considerevolmente lo sviluppo planimetrico dell'intervento.

Il tracciato altimetrico prevede, procedendo in direzione nord-sud, un primo tratto a pendenza costante al -1.1%, un successivo raccordo convesso seguito immediatamente da un raccordo concavo (mediante flesso con pendenza massima del -7%), su cui è situato il sottopasso scatolare nonché il punto di minimo, un altro raccordo convesso (con un secondo flesso a pendenza massima del 6.06%, ed un tratto terminale a pendenza costante del -0.0085%.

## **RACCORDO CON LA VIABILITÀ ESISTENTE**

Al fine di ripristinare tutti gli accessi alle proprietà poste in prossimità della linea AC Milano - Verona nell'area in oggetto, viene prevista la realizzazione di una nuova viabilità denominata di cucitura che si innesta sulla strada di progetto all'altezza della progressiva 260.700m, con piattaforma da 5.00 m di larghezza e pavimentazione in conglomerato bituminoso, per uno sviluppo complessivo di circa 161 m. Non vengono invece previsti assi secondari a nord della linea, risultando già garantiti tutti gli accessi alle abitazioni presenti

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 41313\_08.doc

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
D E2 RG SL7700 001

Rev.  
0

Foglio  
4 di 11

La sezione tipo della “Viabilità di cucitura con pavimentazione in conglomerato bituminoso” presenta una piattaforma stradale a doppia falda con pendenza del 1%, costituita da due corsie da 2.50m (una per senso di marcia), per una larghezza totale di 5.00m. E’ prevista una zona di margine esterno laterale di larghezza pari a 0.55m.

Per la realizzazione dei rilevati è previsto uno strato di scotico dello spessore minimo di 25 cm, il riempimento verrà effettuato con idoneo materiale da rilevato. Per il corpo del rilevato è previsto l’utilizzo di materiali idonei e adeguati livelli di compattazione. Il pacchetto della pavimentazione è costituito da uno strato di misto granulare stabilizzato dello spessore di 20 cm e da uno strato di conglomerato bituminoso (BINDER CHIUSO) dello spessore di 4 cm .

Per le scarpate si prevede uno strato di spessore 30 cm di terreno vegetale, per consentirne l’inerbimento; Si assumono pendenze di progetto per le scarpate pari a 2/3 con un’altezza minima pari a 30 cm.

Non risulta necessaria alcuna viabilità provvisoria, vista la possibilità di traslare il traffico sulla SL78.

### **SEZIONI STRADALI TIPO**

La piattaforma stradale per la strada di progetto è di Categoria F2 in ambito extraurbano.

Tale piattaforma è costituita da due corsie di 3,25 m e da due banchine di 1,00 m che danno una larghezza totale pavimentata di 8.50 m. Per le ragioni precedentemente esposte le velocità di progetto assunte relativamente a tale categoria sono:  $V_{pmin} = 40$  Km/h e  $V_{pmax} = 50$  Km/h.

La sezione in rilevato prevede a lato banchina un arginello erboso di 1,00 m ed una scarpata con pendenza 1 su 2 (altezza rilevato <1.5 m) rivestita con un terreno vegetale di spessore 30 cm costituito da materiale proveniente dallo scavo di scotico che è previsto per una profondità di 50 cm. Sulla scarpata in rilevato inoltre è previsto l’inserimento di embrici ogni 25 m per lo scolo delle acque di piattaforma.

La sezione in sterro prevede a lato banchina una cunetta alla francese di larghezza complessiva di 1,00 m ed una scarpata con pendenza variabile a seconda della natura del terreno. A lato scarpata sia in sterro che in rilevato è previsto l’inserimento di un fosso di guardia.

Il pacchetto di pavimentazione previsto per la strada di categoria F2 è costituito da 3 cm di manto di usura (conglomerato bituminoso chiuso), 4 cm di binder (conglomerato bituminoso semiaperto), 8 cm di base in misto bitumato (conglomerato bituminoso aperto) e 20 cm di strato di fondazione (miscela di inerti stabilizzati per granulometria e compattati).

## DIAGRAMMI DI VELOCITÀ

I diagrammi di velocità diretto ed inverso relativi al tracciato risultano coincidenti e sono presentati nella figura 1. Non sono stati imposti valori di velocità nei tratti iniziali e finali del tracciato.

Come si può vedere si è dovuto fissare il limite di velocità a 50 Km/h su tutto il tratto della strada di progetto, per potere avere dei raccordi almetrici che consentissero di limitare il più possibile l'estensione longitudinale dell'intervento, per le numerose ragioni precedentemente esposte.

Và precisato comunque che tale limite risulta compatibile con l'intervallo di velocità di progetto previsto per la categoria di strada in oggetto.

I diagrammi risultano verificati.

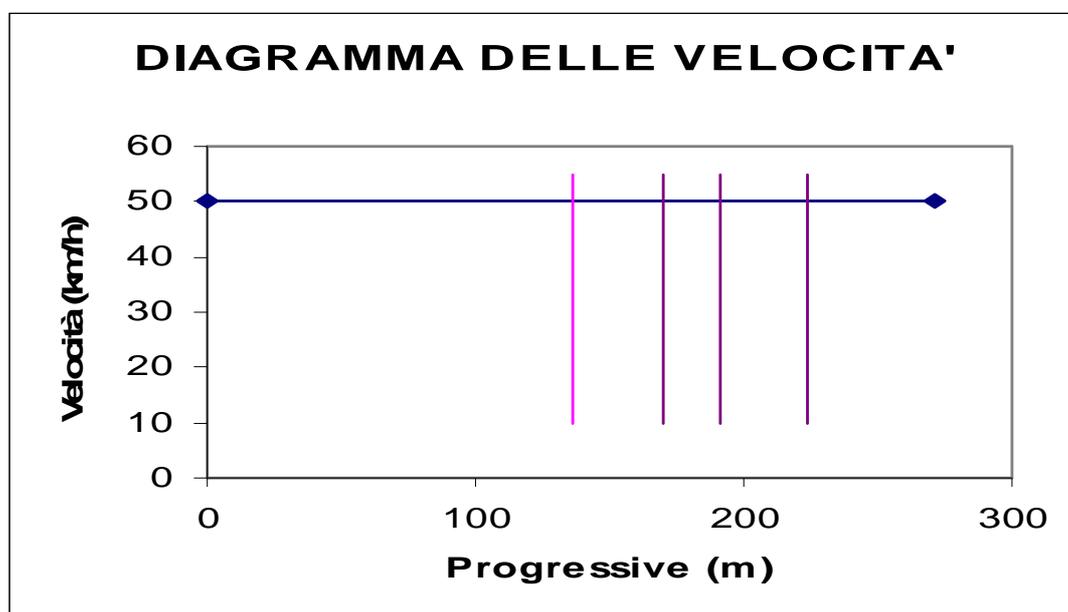


figura 1

## VERIFICHE PLANIMETRICHE SECONDO D.M. 05/11/2001

Si riporta di seguito l'elenco degli elementi planimetrici del tracciato di progetto con le verifiche in base alla normativa D.M. 05/11/2001.

Il tracciato planimetrico è costituito da due rettifili (ricalcanti gli allineamenti esistenti a monte ed a valle della nuova ferrovia AV) e da un'unica curva circolare (con i relativi elementi di transizione).

Le verifiche sono state eseguite per entrambi i sensi di marcia; le velocità utilizzate per le verifiche dei vari elementi provengono dal diagramma di velocità di figura 1 con la limitazione sopra indicata della velocità massima a 50 Km/h.

## SEQUENZA ELEMENTI PLANIMETRICI

ELEMENTO	VERIFICA	VALORE	RIFERIMENTI
RETTIFILO 1:	L =	136.847	
	V (km/h) =	50.00	
	Lunghezza massima L (m) =	136.847	< 1100 = 22 * Vmax
	Lunghezza minima L (m) =	136.847	> 40 prevista dal DM



CLOTOIDE 1:	A =	100.000	
	L (m) =	33.333	
<b>ELEMENTO</b>	<b>VERIFICA</b>	<b>VALORE</b>	<b>RIFERIMENTI</b>
	V (km/h) =	50.00	
	Criterio dinamico	52.5	
	Criterio ottico	100.000	
	Criterio sovrappendenza	88.98	
	Criterio ottico A<R	100.000	<300.000
CURVA 1:	Raggio R (m) =	300.000	
	Lunghezza L (m) =	20.942	(< 34.72 )
	velocità di progetto (km/h)	50.00	
	tempo percorrenza (s) =	1.508	(< 2,5 s previsti dal DM)
	Bi (m) =	3.25	
	Sovrapendenza longitudinale Di max (%) =	1.17	Sempre soddisfatta
	Sovrapendenza longitudinale Di min (%) =	0.325	Sempre soddisfatta
	Allargamento K/R (m) =	0.15	<0.20 (non necessario)
CLOTOIDE 2:	A =	100.000	
	L (m) =	33.333	
	V (km/h) =	50.00	
	Criterio dinamico	52.5	
	Criterio ottico	100.000	
	Criterio sovrappendenza	88.98	
	Criterio ottico A<R	100.000	<300.000
RETTIFILO 2:	L =	46.240	
	V (km/h) =	50.00	
	Lunghezza massima L (m) =	46.240	< 1100 = 22 * Vmax
	Lunghezza minima L (m) =	46.240	> 40 prevista dal DM

**NOTE:**

Gli elementi che non rispondo a normativa sono i seguenti:

## 1- CURVA 1 (t percorrenza &lt; 2.5 s)

Non è verificata nella curva 1 la condizione relativa al tempo di percorrenza superiore ai 2,5 secondi in quanto il tempo di percorrenza della curva è di 1.508. Per verificare la condizione della normativa occorrerebbe aumentare la lunghezza dell'arco di cerchio.

Tale lunghezza non può essere raggiunta per i seguenti motivi:

- impossibilità di modificare l'angolo poiché gli allineamenti dei rettilinei raccordati sono definiti dagli allineamenti delle strade esistenti
- impossibilità di modificare raggio di curva e parametri di clotoide poiché si incrementerebbe notevolmente l'estensione dell'intervento.

**VERIFICHE ALTIMETRICHE SECONDO D.M. 05/11/2001**

Si riporta di seguito l'elenco degli elementi altimetrici del tracciato di progetto con le verifiche in base alla normativa D.M. 05/11/2001.

Secondo il D.M. 05/11/2001 la massima pendenza adottabile in relazione alla categoria di strada prescelta è il 10 %, limite pertanto soddisfatto in quanto il valore estremo considerato risulta pari al 7.00%.

Le verifiche sono state eseguite per entrambi i sensi di marcia; le velocità utilizzate per le verifiche dei vari elementi provengono dal diagramma di velocità di figura 1 limitato a 50 Km/h per ridurre i raggi dei raccordi altimetrici.

Tutti gli elementi soddisfano le condizioni della normativa sopra elencata.

## **SEQUENZA ELEMENTI ALTIMETRICI**

### **Verso di percorrenza diretto (direzione Nord-Sud)**

<b>ELEMENTO</b>	<b>VERIFICA</b>	<b>VALORE</b>	<b>RIFERIMENTI</b>
LIVELLETTA 1:	P (%) =	-1,1051	<10
RACCORDO CONVESSO 1:	R (m) =	810	>809
	$\Delta i$ (%) =	5,895	
	Vmax ( km/h )=	50,00	
	D arresto (m) =	55,00	
LIVELLETTA 2 (FLESSO):	P (%) =	-7,00	<10
RACCORDO CONCAVO 2:	R (m) =	1100	>1000
	$\Delta i$ (%) =	13,063	
	Vmax ( km/h )=	50,00	
	D arresto (m) =	54	
LIVELLETTA 3 (FLESSO):	P (%) =	6,063	
RACCORDO CONVESSO 3:	R (m) =	800	>799
	$\Delta i$ (%) =	6,148	
	Vmax ( km/h )=	50,00	
	D arresto (m) =	55,00	
LIVELLETTA 4:	P (%) =	-0.0851	<10

### **Verso di percorrenza indiretto (direzione Sud-Nord)**

<b>ELEMENTO</b>	<b>VERIFICA</b>	<b>VALORE</b>	<b>RIFERIMENTI</b>
LIVELLETTA 4:	P (%) =	0.0851	<10
RACCORDO CONVESSO 3:	R (m) =	800	>799
	$\Delta i$ (%) =	6,148	
	Vmax ( km/h )=	50,00	
	D arresto (m) =	55,00	
LIVELLETTA 3 (FLESSO):	P (%) =	-6,063	<10
RACCORDO CONCAVO 2:	R (m) =	1100	>1000
	$\Delta i$ (%) =	13,063	
	Vmax ( km/h )=	50,00	
	D arresto (m) =	54,00	
LIVELLETTA 2 (FLESSO):	P (%) =	7,00	
RACCORDO CONVESSO 1:	R (m) =	810	>808
	$\Delta i$ (%) =	5,895	
	Vmax ( km/h )=	50,00	
	D arresto (m) =	55,00	
LIVELLETTA 1:	P (%) =	1,1051	<10

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 41313\_08.doc

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
D E2 RG SL7700 001

Rev.  
0

Foglio  
8 di 11

## **POSIZIONAMENTO DELLE OPERE**

*Sottopasso su Linea AC:*

da prog. 146.382 a prog. 161.021

La strada interseca la Linea AC Binario Pari alla progressiva 87+611.79 con quota 113.846 m (il tracciato stradale ha progressiva 156.037 con quota 105.84 m).

*Muri:*

da prog. 62.382 a prog. 146.382

da prog. 161.021 a prog. 209.021

*Opere idrauliche:*

Lungo la viabilità principale non vengono previste opere idrauliche.

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 41313\_08.doc

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
D E2 RG SL7700 001

Rev.  
0

Foglio  
9 di 11

## **ALLARGAMENTI CARREGGIATA**

Non sono necessari allargamenti in curva in quanto risulta soddisfatta la seguente condizione:  
( $K/R < 0.20$ ).

## **VISIBILITÀ**

Nelle seguenti figure 3,4 sono riportati i diagrammi di visibilità nei due sensi di percorrenza del tracciato diretto ed inverso. Nei diagrammi sono messe a confronto su ogni progressiva la distanza di arresto e la visibilità effettiva. Affinché sia garantita la visibilità deve risultare che in ogni punto la distanza di visibilità sia maggiore della distanza di arresto. Per la costruzione della curva di visibilità si è considerato di avere su tutto il tracciato, una parete verticale in corrispondenza del ciglio banchina. Tale ipotesi è corretta in presenza di muri di contenimento e conservativa negli altri casi.

Per semplicità di rappresentazione si è deciso di tagliare il diagramma di visibilità in corrispondenza dei 180 m, per cui nei tratti ove la visibilità effettiva supera i 180 m il diagramma risulta appiattito ed indicante 300 m. Tale semplificazione è lecita in quanto la distanza di arresto non supera mai i 170.70 m per cui in tali tratti la visibilità è sempre verificata.

Il diagramma di visibilità effettiva è stato ottenuto dall'involuppo delle curve di visibilità planimetrica ed altimetrica.

### DIAGRAMMA delle VISIBILITA' DIRETTO

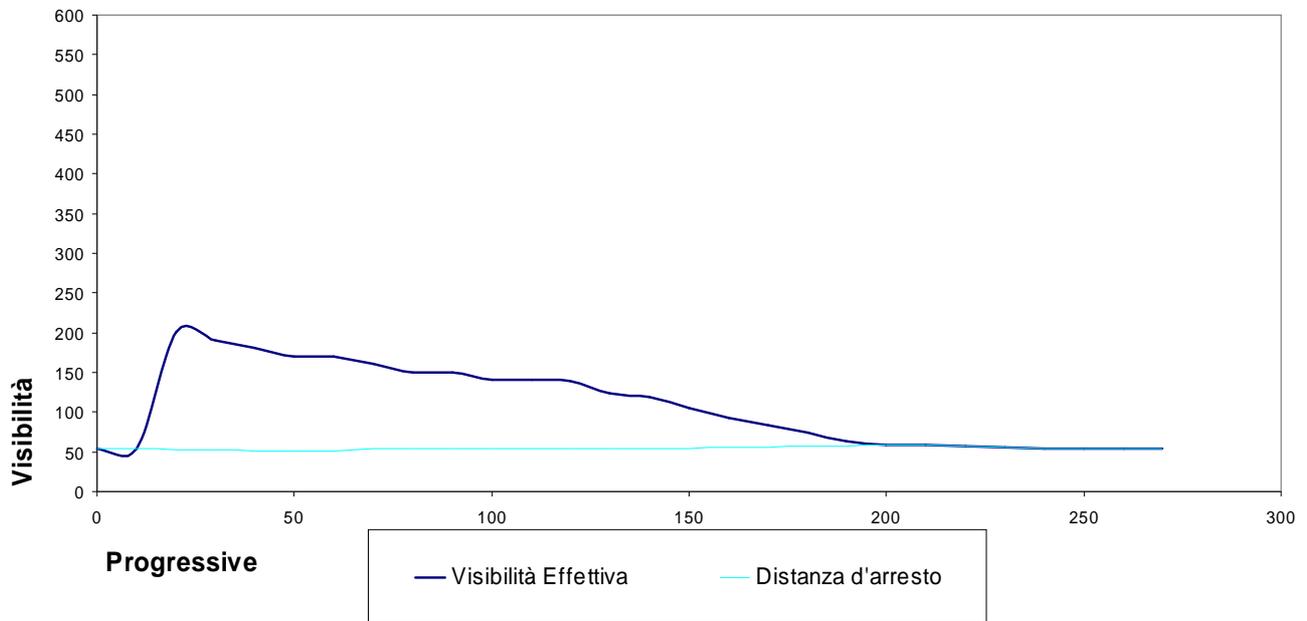


figura 3

### DIAGRAMMA delle VISIBILITA' INVERSO

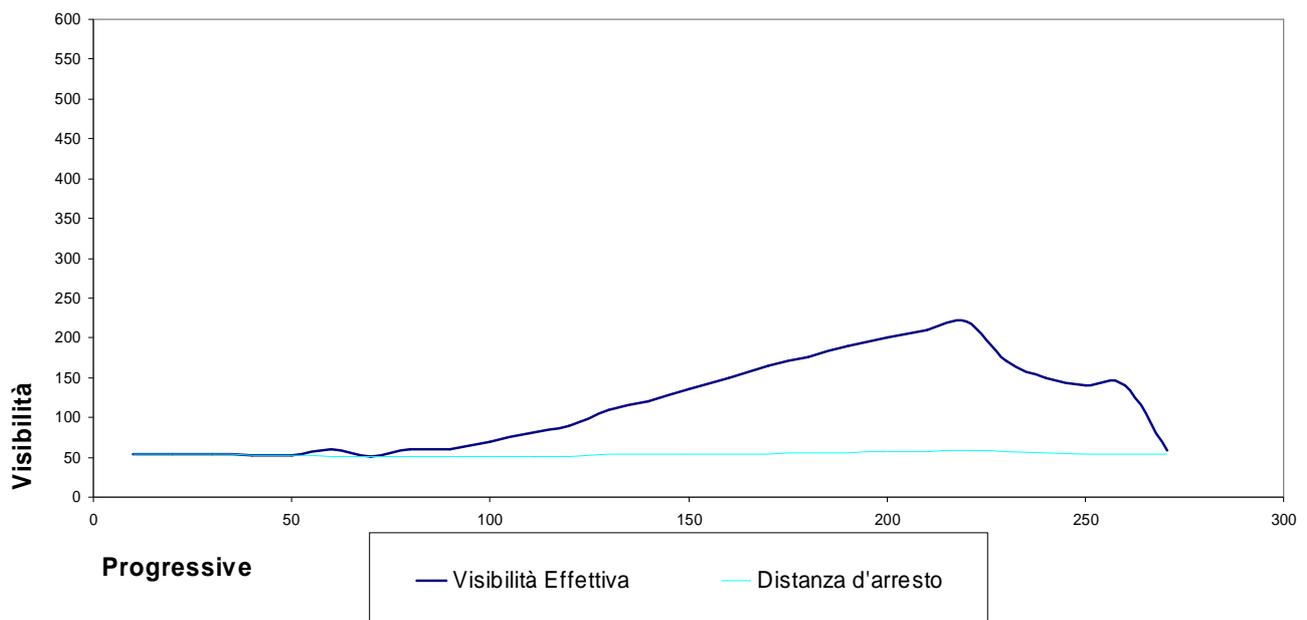
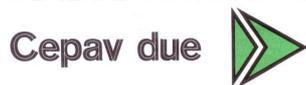


figura 4

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 41313\_08.doc

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
D E2 RG SL7700 001

Rev.  
0

Foglio  
11 di 11

## **IMPIANTO D'ILLUMINAZIONE**

### **Impianto elettrico**

L'impianto elettrico del sottopasso sarà alimentato da una fornitura in bassa tensione, con tensione trifase più neutro a 400V, 50 Hz, e potenza contrattuale presunta di 10 kW. Il sistema così individuato è di tipo TT.

Il contatore sarà posto all'interno di una piattaforma appositamente realizzata per il contenimento del contatore di fornitura, del quadro elettrico generale, del quadro GSM, dei quadri di comando-gestione di pompe e semafori, del gruppo elettrogeno.

I collegamenti tra i vari quadri avverrà con apposita tubazione interrata di diametro adeguato per contenere tutti i cavi di alimentazione, comando e segnalazione.

Il sistema elettrico sarà dotato di proprio impianto di terra, che dovrà essere realizzato con posa di dispersori orizzontali, corrispondenti a piatto di acciaio zincato a caldo di dimensioni 30x3,5 mm, e verticali, con posa di picchetti a croce in acciaio zincato a caldo dimensioni 50x50x5 mm lunghi 1,5 m, entrambi posizionati entro scavo o pozzetti predisposti.

All'impianto medesimo dovranno essere collegati i ferri di armatura della struttura in cemento armato (Monolite), collegando in più punti le relative strutture delle fondazioni al dispersore più vicino.

A tal fine verrà predisposto un collettore generale costituito da barra in rame di dimensioni minime 300x50x5mm dotata di fori filettati M6, M8 per il collegamento delle carpenterie metalliche, dei conduttori di protezione e dei dispersori.

L'impianto è definito secondo la norma CEI 64-8 sistema TT e gli ambienti presenti si possono definire a maggior rischio in caso di incendio, nel sottopasso verrà realizzato un impianto a vista ma con grado di protezione IP55, inoltre saranno impiegate tubazioni e scatole di derivazione in acciaio zincato a caldo.

### **Illuminazione**

Per l'illuminazione dei sottopassi Principali sono stati predisposti proiettori con grado di protezione IP657 classe I, dotati di lampade ad alta resa a vapori di sodio ad alta pressione da 70W a 230V.

Il sistema è verificato per fornire un illuminamento medio di circa **150 lux/m<sup>2</sup>**, nel rispetto dei parametri previsti dalla norma UNI 10439 per le tipologie di strade oggetto della progettazione; inoltre, per ottenere un elevato grado di uniformità e una maggiore resa del sistema, è consigliabile rivestire internamente il manufatto con una vernice diffusiva, di colore bianco.

I proiettori che illumineranno il sottopasso devono essere uguali (o similari) a quelli di marca DISANO Gallery 1994, con le seguenti caratteristiche tecniche:

- Corpo in acciaio inox AISI 304 imbutito in un unico pezzo di elevata resistenza meccanica, completo di cornice in acciaio inox, contenente l'alimentatore da 230V/50Hz con protezione termica, cablato e rifasato, con accesso frontale e lampada a vapori di sodio ad alta pressione.
- Riflettore simmetrico in alluminio purissimo 99.85 martellato monolampada di tipo stradale.
- Diffusore in cristallo temperato resistente agli *shock* termici e agli urti (prove UNI 7142 British standard 3193);
- Portalampada in porcellana e contatti argentati.
- Installazione a parete o su staffa di sostegno adeguata.