

# AUTOSTRADA A2 DEL MEDITERRANEO

Interventi per la rinaturalizzazione o il riutilizzo dei tratti campani dismessi con particolare riferimento ai lotti fra il km 8+000 e il km 13+000 e fra il km 36+000 e il km 53+000

PROGETTO DEFINITIVO

COD. UC149

PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GDG - ICARIA

IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:  
Dott. Ing. Nando Granieri  
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:  
MANDATARIA:

MANDANTI:

 Sintagma

 GEOTECHNICAL DESIGN GROUP

 ICARIA società di ingegneria

Dott. Ing. N. Granieri  
Dott. Ing. V. Truffini  
Dott. Arch. A. Bracchini  
Dott. Ing. F. Durastanti  
Dott. Ing. E. Bartolucci  
Dott. Geol. G. Cerquiglini  
Geom. S. Scopetta  
Dott. Ing. L. Dinelli  
Dott. Ing. L. Nani  
Dott. Ing. F. Pambianco  
Dott. Agr. F. Berti Nulli  
Dott. Ing. F. Negozio  
Geom. C. Calcina  
Dott. Ing. F. Rotini  
Dott. Ing. E. Santucci

Dott. Ing. D. Carliaccini  
Dott. Ing. S. Sacconi  
Dott. Ing. M. Boldorini  
Dott. Geol. L. Casaburi  
Dott. Ing. C. Consorti

Dott. Ing. V. Rotisciani  
Dott. Ing. F. Macchioni  
Geom. C. Vischini  
Dott. Ing. V. Pionno  
Dott. Ing. G. Pulli  
Geom. C. Sugaroni

IL PROGETTISTA:  
Elena Bartolucci  
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n°A3217

IL GEOLOGO:  
Dott. Geol. Giorgio Cerquiglini  
Ordine dei Geologi della Regione Umbria n°108

Il R.U.P.  
Dott. Ing. Antonio Citarella

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:  
Dott. Ing. Filippo Pambianco  
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A1373

PROTOCOLLO

DATA



## 14.STRUTTURE 14.01 VIADOTTI

### 14.01.04 VIADOTTO VI01-LOTTO4

Relazione illustrativa e di calcolo della demolizione con esplosivo

CODICE PROGETTO			NOME FILE	REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	T04-VI01-STR-RE03-B		
DPUC0149	D	21	CODICE ELAB. T04VI01STRRE03	B	-
B	Revisione a seguito istruttoria Anas		APR 24	F.Negozio	E. Bartolucci N.Granieri
A	Emissione		OTT 23	F.Negozio	E. Bartolucci N.Granieri
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO APPROVATO

Relazione illustrativa e di calcolo della demolizione con esplosivo

INDICE

1	PREMESSA.....	4
1.1	INTRODUZIONE ALLA TECNICA DELLA DEMOLIZIONE CONTROLLATA CON ESPLOSIVI.....	4
1.2	SCOPO DEL PRESENTE ELABORATO.....	5
1.3	IMPOSTAZIONE DEL LAVORO.....	5
1.4	CONCLUSIONI .....	5
2	PONTE RIALTO CARREGGIATA NORD E SUD – KM 0+037/0+156 – T04-VI01 .....	7
2.1	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO .....	7
2.2	IL PONTE RIALTO .....	7
2.3	CARATTERISTICHE MECCANICHE DELLA STRUTTURA.....	8
2.4	CINEMATISMO DI ABBATTIMENTO .....	8
3	MANUFATTI DA SALVAGUARDARE – I RECETTORI .....	10
4	SOGGEZIONI ALL’ESECUZIONE DEI LAVORI DI DEMOLIZIONE.....	11
4.1	ABBATTIMENTO CON ESPLOSIVI .....	11
4.2	AREE DI SICUREZZA PER L’ABBATTIMENTO CON ESPLOSIVI .....	11
4.3	DEMOLIZIONE MECCANICA A TERRA .....	12
5	TUTELA DI FLORA E DI FAUNA.....	13
6	ABBATTIMENTO CONTROLLATO CON ESPLOSIVO .....	14
6.1	SUCCESSIONE DELLE FASI PRELIMINARI ALL’AVVIO DEI LAVORI .....	14
6.1.1	Progetto esecutivo d’abbattimento .....	14
6.1.2	Monitoraggio sismico.....	14
6.1.3	Comunicazioni agli enti e soggetti interessati e relazioni pubbliche .....	14
6.2	CENNI SULLE FASI OPERATIVE.....	14
6.2.1	Recinzione cantiere e cartellonistica.....	14
6.2.2	Messa in opera LINEA DI VITA.....	15

Relazione illustrativa e di calcolo della demolizione con esplosivo

6.2.3	Demolizioni meccaniche preliminari .....	15
6.2.4	Taglio a Diamante.....	15
6.2.5	Perforazione fori da mina.....	15
6.2.6	Posa di reti di protezione a maglia fine di cavi d'acciaio .....	15
6.2.7	Caricamento e brillamento mine.....	15
6.2.8	Demolizione meccanica a terra .....	16
6.2.9	Ripristino Spalle e rivestimenti.....	16
<b>7</b>	<b>EFFETTI INDOTTI ALL'INTORNO DELL'ABBATTIMENTO .....</b>	<b>17</b>
7.1	GENERALITÀ.....	17
7.2	VIBRAZIONI / ONDE ELASTICHE /ONDE SISMICHE.....	17
7.2.1	Le onde sismiche .....	17
7.3	FRAMMENTAZIONE PRIMARIA.....	20
7.3.1	Il lancio .....	20
7.3.2	Non insorgenza di danno .....	21
7.3.3	Ampiezza del lancio.....	21
7.3.4	Abbattimento polveri.....	21
7.4	ONDA DI SOVRAPPRESSIONE IN ARIA.....	22
7.4.1	Non insorgenza di danno .....	22
7.4.2	Non insorgenza di disagio .....	22
7.4.3	Ampiezza dell'onda di sovrappressione aerea .....	22
<b>8</b>	<b>CONTENUTI MINIMI DEL PROGETTO ESECUTIVO .....</b>	<b>24</b>
<b>9</b>	<b>CONTENUTI MINIMI DEL POS (PER ABBATTIMENTO CONTROLLATO ESPLOSIVI) .....</b>	<b>25</b>
<b>10</b>	<b>PROSPEZIONI E MONITORAGGIO .....</b>	<b>26</b>
10.1	PROSPEZIONE PRELIMINARE ALLA PROGETTAZIONE ESECUTIVA .....	26
10.2	MONITORAGGIO AMBIENTALE IN FASE D'ABBATTIMENTO.....	26

Relazione illustrativa e di calcolo della demolizione con esplosivo

11	CONTESTO LEGISLATIVO E NORMATIVO .....	28
11.1	LEGISLAZIONE SULLA SICUREZZA PUBBLICA E LOTTA AL TERRORISMO .....	28
11.2	LEGISLAZIONE SULLA PREVENZIONE DEGLI INFORTUNI .....	28
11.3	NORMATIVA.....	28
12	VOLUMI PREESISTENZE E RIFIUTI PRODOTTI .....	29
13	ALLEGATI.....	30
14	ALLEGATO 1: PROGRESSIONE D'INTERVENTO PER L'ABBATTIMENTO CONTROLLATO.....	31
15	ALLEGATO 2: VOLUMI C.A.....	43
16	ALLEGATO 3: STATO DI FATTO. ....	45
17	ALLEGATO 4: MECCANISMO DI COLLASSO. ....	55
18	ALLEGATO 5: TIPOLOGICO PER SISTEMA DI MONITORAGGIO SISMICO.....	60
19	ALLEGATO 6: FASI DELLA DEMOLIZIONE CON ESEMPI DI INTERVENTI REALIZZATI .....	65
20	ALLEGATO 7: VIBRAZIONI.....	81
21	ALLEGATO 8: ABBATTIMENTO POLVERI E MONITORAGGIO.....	87
22	ALLEGATO 9: DISTANZA DALL'ESPLOSIONE E ONDA DI SOVRAPPRESSIONE AEREA .....	94

## 1 PREMESSA

Il presente elaborato ha come oggetto la demolizione, con preliminare abbattimento al suolo con esplosivi, del ponte ad arco RIALTO, codificato con T04-VI01.

La demolizione è necessaria alla riqualifica ambientale del tratto di autostrada dismesso.

### 1.1 INTRODUZIONE ALLA TECNICA DELLA DEMOLIZIONE CONTROLLATA CON ESPLOSIVI

L'abbattimento al suolo con esplosivi dei ponti consente di attingere alle migliori condizioni di sicurezza per la successiva demolizione a terra mediante frantumazione meccanica. Per le strutture d'altezza superiore a  $8 \div 12$  m (variabile in funzione delle dimensioni dei mezzi di demolizione meccanica), questa tecnica costituisce un'alternativa più sicura rispetto a quella della demolizione meccanica. La demolizione di ponti d'altezza inferiore è effettuata direttamente con martello demolitore idraulico e pinze idrauliche su escavatori a braccio rovescio. Per i ponti più alti sarebbe necessario prevedere la frantumazione del calcestruzzo con pinze idrauliche montate su escavatori a braccio maggiorato (arrivano sino a 50 m di lunghezza, con altezza operativa intorno ai 40 m, molto lenti ed imprecisi in esecuzione perché l'operatore è "a terra" in cabina, ed instabili per la forte spinta di sbilanciamento del braccio per la quale a volte si verifica il ribaltamento dell'escavatore). La demolizione meccanica però, costringe ad un costante contatto fisico con la struttura, necessariamente di un unico escavatore, per la lenta, progressiva, e puntuale disgregazione del calcestruzzo. In presenza di occulto locale ammaloramento dei volumi resistenti (es.: lesionamento del calcestruzzo per precedenti intense sollecitazioni telluriche, per il traffico pesante dell'esercizio, per la deformazione plastica in seguito a lungo esercizio con sollecitazioni di post-tensionamento elevate, per la riduzione di sezione resistente del ferro conseguente alla corrosione, per cedimenti differenziali delle fondazioni, ecc.), con conseguente disuniformità di resistenza meccanica, si potrebbe avere un cinematismo di crollo imprevisto,, con movimentazione di segmenti di struttura e coinvolgimento di mezzi ed operatori.

Un cinematismo atteso, ma per il quale è impossibile imprevedibile il momento del crollo, è invece quello della demolizione di impalcati dal piano di via dei viadotti mediante la progressiva riduzione della sezione resistente delle travi per mezzo di un escavatore sull'impalcato "dietro". Numerosi incidenti o quasi incidenti, con componenti strutturali che cadendo danneggiano il braccio dell'escavatore e la cabina o, addirittura, trascinano a terra l'escavatore col suo operatore, sono la conferma degli elevati pericoli e rischi connessi a questa tecnica.

In presenza di ponti alti risulta dunque opportuno il ricorso alla tecnica di abbattimento controllato con esplosivi. Mediante questa, nelle fasi a rischio, è possibile intervenire da distanza di sicurezza asportando volumi della struttura con estensione e progressione predeterminate (la precisione dell'ordine dei centesimi di secondo), modificando l'assetto statico per innescare un predefinito cinematismo di crollo con tempistica pure predefinita. E questo senza rischi per il personale e per mezzi, i quali a distanza di sicurezza quando il crollo viene comandato. Le attività pericolose di brillamento e collasso della struttura, durano solo una decina di secondi, così che le soggezioni al cantiere ed alle aree circostanti sono irrilevanti. L'interdizione del traffico nelle aree adiacenti dura un'ora circa, tra sgombero, rimozione dei frammenti di calcestruzzo proiettati dall'esplosione, e riapertura del traffico, con possibilità di passaggio in emergenza (es. per autoambulanze, vigili del fuoco o forze dell'ordine) sino ad immediatamente prima dello sparo e da subito dopo. Lo stesso per l'impatto ambientale il quale è ridotto non solo per ampiezza degli effetti indotti ma anche, appunto, per una molto inferiore durata dei lavori.

## Relazione illustrativa e di calcolo della demolizione con esplosivo

Una volta che il ponte è a terra disarticolato, la demolizione può comodamente ed efficacemente essere proseguita in massima sicurezza perché i martelli demolitori idraulici e le pinze sono montati su escavatori con braccio di lunghezza standard, coi cingoli posti saldamente a terra, e martello o pinza che operano più in basso della cabina per la massima visibilità e massima efficienza del mezzo. Inoltre, più escavatori possono lavorare contemporaneamente senza pericolo di interferenze, così che la durata del lavoro può essere notevolmente ridotta.

### 1.2 SCOPO DEL PRESENTE ELABORATO

Nel presente elaborato sono sintetizzati gli orientamenti per la progettazione “esecutiva” e “costruttiva” della demolizione a carico dell'impresa esecutrice. È pure riportato il metodo per quantificazione, contenimento entro valori di non insorgenza di danno e di disagio come da normativa specialistica, e monitoraggio, per i fattori d'impatto VIBRAZIONI per l'impatto al suolo delle strutture (onde sismiche), LANCIO DI FRAMMENTI D'ABBATTUTO e POLVERE ed ONDA DI SOVRAPPRESSIONE IN ARIA.

### 1.3 IMPOSTAZIONE DEL LAVORO

Per l'esecuzione “esecutiva” e “costruttiva” della demolizione, il modello geometrico e meccanico del ponte TENZA dovrà essere validato attraverso:

1. RISCANTRO DELLA GEOMETRIA come da tavole del progetto originario della costruzione e delle successive manutenzioni e consolidamenti (parzialmente reperibili) da rilievi in situ;
2. DEFINIZIONE DELLE CARATTERISTICHE FISICHE E DI RESISTENZA MECCANICA mediante prospezioni mirate, campionamenti ed analisi di laboratorio distruttive e non.
3. CALCOLO DELL'IMPATTO AMBIENTALE indotto per vibrazioni, sovrappressione in aria e lancio di frammenti d'abbattuto indotti dal brillamento delle cariche esplosive.
4. RICOSTRUZIONE DEL MODELLO STATICO agli elementi finiti (F.E.M. Finite Elements Method) o con codice di calcolo equivalente (es. AEM Applied Elements Method).
5. RISCANTRO DELLA SICUREZZA nella configurazione di SATUS QUO ed in seguito agli interventi di PREDISPOSIZIONE ALL'ABBATTIMENTO CON ESPLOSIVI per i quali dovranno essere ridotti i volumi resistenti per perforazione camere di scoppio, preliminari demolizione meccaniche e tagli a diamante.

In esecuzione, a riscontro delle condizioni di sicurezza per l'impatto ambientale attinte in fase di progetto, dovrà essere effettuato il MONITORAGGIO STRUMENTALE DI VIBRAZIONI, LANCIO ED ONDA DI SOVRAPPRESSIONE AEREA.

### 1.4 CONCLUSIONI

Mediante l'adozione della tecnica di abbattimento controllato con esplosivi del ponte RIALTO, nel tratto dismesso della autostrada SA-RC, sarà garantita la massimizzazione della sicurezza e la minimizzazione dell'impatto ambientale.

I lavori di demolizione dovranno essere progettati da tecnici di decennale e comprovata competenza ed esperienza, con riferimento al presente progetto definitivo e ad un modello della struttura del ponte definito con riferimento a parametri meccanici misurati in una prospezione preliminare, con riferimento alla normativa ed alla legislazione specialistiche ed allo stato dell'arte.

Le attività saranno dovranno essere dirette da tecnici di decennale e comprovata competenza ed esperienza, e programmate, organizzate ed eseguite da personale di comprovata competenza ed esperienza, sulla scorta della progettazione come sopra, di procedure di lavoro e sicurezza, check list ed

**Relazione illustrativa e di calcolo della demolizione con esplosivo**

HazOp. In fase operativa, contezza delle rigorose condizioni di sicurezza previste per il contenimento dell'impatto ambientale indotto, dovrà essere data con un monito-raggio strumentale.

## 2 PONTE RIALTO CARREGGIATA NORD E SUD – KM 0+037/0+156 – T04-VI01

### 2.1 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

La sola documentazione storica che è stato possibile reperire è la seguente:

1. Arco-n.16A
2. Arco-n.23A
3. Impalcato-n.13A
4. Stilate-n.10A
5. n.11 parte 1
6. n.11 parte 2
7. CS45\_sc506dox01\_23 rIALTO
8. CS45\_sc506dox04\_52 rIALTO
9. n.4A parte 1
10. n.4A parte 2
11. ponte\_Rialto\_pianta
12. ponte\_Rialto\_sezioni
13. VI05
14. 02\_Relazione tecnico illustrativa 2018-01-31
15. 13\_Planimetria\_6\_14\_REV.A 2018-01-31 pRIALTO
16. piano indagini tav. 1-14 2021-04-12

### 2.2 IL PONTE RIALTO

Il ponte è stato verosimilmente costruito negli anni 70 del secolo scorso. La struttura è iperstatica, con arco, e pile a doppia stilata impostate sia su plinti che sull'arco (Allegati - vedi figure da 1 a 11, tabella 12 e foto da 13 a 21).

Il ponte si articola su due carreggiate rettilinee, affiancate e complanari: la Sud lunga 114 m e la Nord 111 m, sfalsata di circa 10 dalla Sud ma con gli archi affiancati e le pile complanari nelle due carreggiate. La carreggiata Nord ha 19 campate, tutte di luce pari a 6 m salvo quelle a cavallo dei due giunti che hanno luce 3 m (giunto a metà) e la campata in chiave di volta che ha luce 13 m; la carreggiata Sud ha 20 campate con lo stesso passo della carreggiata Nord; otto di queste pile spiccano dall'arco.

Le pile sono costituite da due stilate affiancate lateralmente a 255 cm, consistenti in pilastri di calcestruzzo armato a sezione rettangolare piena, originariamente di dimensioni 30 cm (trasversalmente all'asse del ponte) e 50 cm (longitudinalmente), ispessite per l'intervento di consolidamento, collegati da un muro di calcestruzzo armato di dimensioni 220 cm x 15 cm (anche questo ispessito successivamente).

La struttura dell'impalcato è composta da un reticolo di travi in calcestruzzo armato a sezione rettangolare (struttura tipo "a cassettoni"), altezza 100 cm (75 cm emergenti dalla soletta da circa 27 cm – da verificare) e spessore 60 cm.

## Relazione illustrativa e di calcolo della demolizione con esplosivo

Negli anni 90 del secolo scorso arco, stilate ed impalcato sono stati rinforzati con scarifica di copriferro ed apposizione di fodera in calcestruzzo pesantemente armato (dimensione finale dei pilastri 50 cm x 70 cm); all'arco è stata ancorato sovrapposto un ulteriore arco a sezione rettangolare piena.

La geometria degli elementi strutturali deve essere verificata sistematicamente, non potendo considerare come affidabili le misure della documentazione disponibile. Anche l'aderenza dei volumi di rinforzo a quelli originari, deve essere verificata, non potendo essere esclusa la possibilità di locale distacco per le differenti caratteristiche di deformabilità o inadeguata esecuzione.

Il sedime è piuttosto acclive verso le spalle, così da rendere necessaria una maggiore estensione delle fasce minate per l'intervento sul relitto di piccoli mezzi meccanici per la frantumazione secondaria e lo smarino, con conseguente minore dimensioni delle piste d'arrocce.

### 2.3 CARATTERISTICHE MECCANICHE DELLA STRUTTURA

Dati sulla resistenza meccanica dei materiali componenti il ponte non sono disponibili. Le caratteristiche tecniche rilevanti della struttura da demolire dovranno dunque essere ricercate in documentazione di archivio e verificate (o definite ex novo) con prospezioni mirate.

La conoscenza dei parametri geometrici, fisici e meccanici della struttura da abbattere e la loro distribuzione nella struttura (presenza di eventuali punti di discontinuità) è fondamentale per la sicurezza e la buona riuscita del progetto, per la corretta modellazione FEM o AEM.

In prima grossolana approssimazione, possono essere considerati i seguenti valori, presi con riferimento conservativo a quelli di ponti analoghi, d'età e caratteristiche geometriche simili ed in analoghe condizioni d'esercizio:

- UCS resistenza a compressione uniassiale cls = 25 MPa (carico statico - pile)
- UCS cls = 30 MPa (carico statico - impalcato)
- Resistenza a trazione cls media (brasiliiana) = 2 MPa (statico)
- Resistenza a trazione ferro media (rottura) = 300 MPa (statico)
- UCS cls = 40 MPa (dinamico - impulsivo)
- Resistenza a trazione cls = 4 MPa (dinamico - impulsivo)
- Resistenza a trazione ferro (rottura) = 600 MPa (dinamico - impulsivo)
- Peso di volume del cls = 23,5 KN/m<sup>3</sup>
- Peso di volume del c.a. = 25 KN/m<sup>3</sup>
- Angolo d'attrito interno = 35°
- Modulo di elasticità del ferro = 200 GPa
- Modulo di elasticità del cls = 40 GPa
- Coeff. di Poisson = 0,22
- Velocità onde di compressione (freq. acustiche) nel cls:  $C_p = 3.000$  m/s (5100 m/s nel ferro).

### 2.4 CINEMATISMO DI ABBATTIMENTO

### Relazione illustrativa e di calcolo della demolizione con esplosivo

Il progetto ripristino ambientale dell'ANAS, prevede la demolizione del ponte (Allegati - figure 10 e 11). Per la demolizione sarà necessario far collassare al suolo la struttura, ed intervenire sul relitto con mezzi meccanici. Per imporre il collasso è necessario che la struttura del ponte, iperstatica, si trasformi in un "meccanismo" ovvero che la continuità meccanica delle componenti strutturali sia interrotta mediante realizzazione di cerniere, ma anche con demolizione di estese fasce di impalcato ed arco, così da evitare lo "accastellamento" a terra del relitto e l'accumulo su scarpate acclivi (Allegati - figure da 22 a 25).

Le cerniere dovranno essere realizzate mediante asportazione del calcestruzzo con cariche esplosive fatte detonare in successione, senza danneggiare i ferri di armatura. La successione temporale dovrà essere definita in fase di progettazione esecutiva, considerando quello nelle figure 23 e 24 (Allegati) come di prima grossolana approssimazione.

Interferenze con altre attività di cantiere e con la viabilità autostradale adiacente, che rimarrà in esercizio per tutta la durata dei lavori, sono previste solo per il brillamento, conseguentemente alla necessità di sgomberare mezzi e persone all'intorno del ponte da un'area di raggio del centinaio di metri. Per il brillamento sarà necessario interrompere il traffico autostradale mediante chiusura temporanea o deviazione su percorso alternativo, oppure mediante "pilotaggio" (interruzione dell'ordine della mezz'ora, con auto ferme sulla strada).

Il relitto del ponte dovrà essere ridotto a pezzatura idonea per l'alimentazione di un frantoio secondario, con segregazione ed accumulo del ferro di armatura per l'invio a riciclaggio o a discarica.

### 3 MANUFATTI DA SALVAGUARDARE – I RECETTORI

In un intorno di 200 metri sono presenti i seguenti insiemi di recettori (Allegati - vedi foto 4 e 5):

1. nuovo tracciato della A2 (opere d'arte) – a Nord
2. insediamento industriale – a Sud-Ovest

In fase di progettazione esecutiva, le caratteristiche peculiari di ciascun recettore dovranno essere annotate in uno specifico DATABASE . A ciascun recettore dovrà essere attribuita una fattispecie di appartenenza con riferimento alle tabelle 1, 2 e 3 delle norme DIN 4150-3 (vedi par. 6.2.2).

## 4 SOGGEZIONI ALL'ESECUZIONE DEI LAVORI DI DEMOLIZIONE

### 4.1 ABBATTIMENTO CON ESPLOSIVI

I lavori di predisposizione all'abbattimento saranno effettuati senza interferenza col traffico veicolare adiacente (quello di servizio dell'autostrada e quello della viabilità locale).

L'abbattimento (brillamento delle cariche esplosive) invece necessiterà l'interdizione del traffico che potrà avvenire per chiusura (ad esempio, in coincidenza con altre lavorazioni che la dovessero richiedere) oppure per pilotaggio con interdizione per circa 30 minuti.

A titolo di esempio, nella tabella a seguire, sono riportate tempistiche indicative per la fase di abbattimento.

<p><b>Fase A – Consegna esplosivi</b> inizio 04:00 fine 04:10</p> <p><b>B – Preparazione delle smorze</b> inizio 04:10 fine 10:00</p> <p><b>C – Piazzamento cariche nei fori da mina</b> inizio 07:00 fine 17:30 stesso giorno</p> <p><b>D – Predisposizione linea di tiro ed inneschi</b> inizio 17:30 fine 18:00</p> <p><b>E – Sgombero aree di sicurezza (incluso blocco del traffico autostradale e secondario)</b> inizio 17:15 fine 18:00</p> <p><b>F – brillamento</b> 18:30</p> <p><b>G – Controllo risultati volata</b> inizio 18:40 fine 18:50</p> <p><b>H – Riapertura traffico</b> inizio 18:50 fine 19:00</p>
--

Tabella - Tempistiche indicative per la fase di caricamento e brillamento del ponte Rialto

### 4.2 AREE DI SICUREZZA PER L'ABBATTIMENTO CON ESPLOSIVI

---

Relazione illustrativa e di calcolo della demolizione con esplosivo

L'estensione dell'area di sicurezza per l'abbattimento con esplosivo, in linea di massima, può essere indicata pari a 150 m, ma dovrà essere calcolata in fase di progettazione esecutiva, una volta quantificati gli effetti secondari dell'esplosione (vibrazioni, lancio di frammenti d'abbattuto, sovrappressione in aria) con le provvisori per la mitigazione, nel caso in cui fosse necessario ridurre localmente tale estensione (es. per presenza di manufatti o impianti, linee elettriche aeree, soggezioni ambientali, ecc.).

#### 4.3 DEMOLIZIONE MECCANICA A TERRA

Le attività di demolizione meccanica non comporteranno significative soggezioni, essendo gli effetti indotti all'intorno confinati all'immediato intorno dell'area di cantiere recintata. Anche per le demolizioni meccaniche, nel caso, saranno eventualmente adottate misure di contenimento.

## 5 TUTELA DI FLORA E DI FAUNA

In considerazione del pregio del contesto ambientale saranno adottate le seguenti precauzioni:

1. Preliminare rilievo fotografico in un intorno di 150 metri.
2. Riconoscimento ed inventario eventuali specie arboree protette.
3. Espianto e reimpianto, in area di demolizione, delle eventuali specie arboree protette.
4. Recinzione dell'area di cantiere lungo il tracciato del ponte, per una fascia di almeno 15 m dall'impronta al suolo, con rete da cantiere da 130 cm, per minimizzare il rischio di sconfinamento di piccoli animali selvatici.
5. Abbattimento e raccolta polveri in fase di perforazione e demolizione, per smaltimento in discarica.
6. Minimizzazione del rumore.
7. Minimizzazione della pezzatura del relitto di impalcato sui versanti acclivi, così da poter lavorare con mezzi di dimensioni minori e contenere l'impatto per la realizzazione delle piste d'arrocco.
8. Programmazione temporale dei lavori con scadenze tali da minimizzare il disturbo alla fauna nei periodi riproduttivi o di migrazione.
9. Monitoraggio ambientale continuativo in fase di predisposizione all'abbattimento, abbattimento e demolizione meccanica.

Con specifico riferimento all'impatto per il rumore, nel progetto esecutivo dovrà essere prevista una data ed un orario di sparo tali da non interferire con eventuale periodo riproduttivo delle specie animali li identificate. Comunque, per la salvaguardia di piccoli animali ed uccelli che potrebbero trovarsi in zona di pericolo, 30 secondi prima dello sparo di abbattimento dovrà essere brillata una piccola carica "dissuasoria", per spaventare ed allontanare dal cantiere quegli animali i quali, incidentalmente, dovessero li trovarsi.

Nell'area di sedime, per un intorno di 10 metri a destra e sinistra dell'impalcato, il terreno vegetale sarà asportato per circa 50 cm ed accumulato a parte, per essere li ricaricato a demolizione finita.

L'interferenza con il corso d'acqua, per l'impatto del ponte e per il passaggio e l'operatività dei mezzi d'opera, sarà protetto con posa di doppio strato di tessuto non tessuto da 400 g/m<sup>3</sup>, messa in opera di tubi tipo ARMCO di diametro idoneo per la portata di massima prevista, e di rilevato di materiale arido, il tutto da rimuovere a lavori finiti.

## 6 ABBATTIMENTO CONTROLLATO CON ESPLOSIVO

### 6.1 SUCCESIONE DELLE FASI PRELIMINARI ALL'AVVIO DEI LAVORI

#### 6.1.1 Progetto esecutivo d'abbattimento

Il progetto dovrà essere redatto e firmato da un tecnico di comprovata esperienza nel settore. Il progettista, il quale dovrà anche espletare le mansioni di "direttore dei lavori da mina" assumendosi la responsabilità dell'esecuzione. I lavori dovranno essere coperti con apposita polizza assicurativa RCT -RCO senza limitazioni per le distanze tra l'obiettivo (la struttura da demolire) ed i recettori (le strutture da salvaguardare).

Nel progetto esecutivo dovranno essere esposte le problematiche relative alla sicurezza delle persone e dei manufatti all'intorno.

Il progetto di demolizione esecutivo e costruttivo, dovranno essere articolati come da contenuti minimi in capitolo successivo.

#### 6.1.2 Monitoraggio sismico

Le onde sismiche indotte dovranno essere misurate come previsto dalla normativa DIN 4150-1 e 3, quella di riferimento in Italia perché considerata la più restrittiva al mondo.

Per la misura delle vibrazioni saranno utilizzati trasduttori di velocità triassiale (per la misura dell'onda di pressione aerea saranno utilizzati microfoni, vedi scheda tecnica tipo nelle pagine 26 e 27 in Allegati). I valori registrati saranno confrontati con quelli di riferimento per la sicurezza, tali da garantire al 100% la non insorgenza di danni.

Per il monitoraggio è prevista l'installazione di non meno di 4 stazioni di misura triassiale delle onde sismiche e delle onde di sovrappressione aerea in un punto di riferimento, con monitoraggio continuativo (H24, 7/7) giorni a settimana, accessibile da remoto via GSM, in esercizio per tutta la durata dei lavori di costruzione (descrizione del sistema di monitoraggio tipo nelle pagine 28 e 29).

#### 6.1.3 Comunicazioni agli enti e soggetti interessati e relazioni pubbliche

Quella delle demolizioni con esplosivi è una pratica poco conosciuta dalla popolazione civile. L'esperienza insegna che vibrazioni e rumore indotti dall'impiego di esplosivi, anche se di ampiezza inferiore a quelle indotte dal traffico o da impianti industriali, sono considerate più pericolose dalla popolazione.

L'informazione degli enti interessati, delle autorità locali e della popolazione residente all'intorno, sulle attività da svolgere e sulle precauzioni adottate, sarà utile per la minimizzazione del contenzioso. La gestione delle pubbliche relazioni assumerà importanza rilevante.

### 6.2 CENNI SULLE FASI OPERATIVE

#### 6.2.1 Recinzione cantiere e cartellonistica

Questa è necessaria per la segnalazione di pericoli e rischi per le attività di cantiere agli addetti ed ai terzi potenzialmente coinvolti / limitazione dell'accesso ai non addetti ai lavori (Allegati - foto 30).

### 6.2.2 Messa in opera LINEA DI VITA

In trattenimento, per la minimizzazione del rischio di caduta dal piano di via, una volta rimossi i “guardia via” - guard rail, e per l'accesso in sicurezza all'arco (Allegati - foto 30).

La linea di vita sarà oggetto di un progetto di verifica a parte.

### 6.2.3 Demolizioni meccaniche preliminari

Per facilitare il cinematismo dovranno essere rimossi volumi di calcestruzzo non indispensabili per l'assetto statico (Allegati - foto 32 e 33). Per il rischio di caduta da ponte, tutti i mezzi dovranno essere radiocomandati. Il personale opererà vincolato alla linea vita.

### 6.2.4 Taglio a Diamante

La dove dovrà essere evitata la concentrazione di sforzi nel calcestruzzo in fase di "incernierizzazione" delle componenti strutturali, i ferri d'armatura della “fibra esterna” dovranno essere preventivamente tagliati con utensili a disco diamantato: tagliamuro e tagliasuolo (Allegati - foto 34).

### 6.2.5 Perforazione fori da mina

Le cariche esplosive dovranno essere alloggiare in camere di scoppio cilindriche (fori da mina). In funzione della possibilità d'accesso, la realizzazione dei fori da mina sarà possibile mediante:

- carri di perforazione idraulici (Allegati - foto 35.b.);
- carotatrici a diamante elettriche o idrauliche (Allegati - foto 36 e 3);
- martelli a rotopercolazione elettrici o pneumatici (Allegati - foto 38).

Per la realizzazione delle cerniere sulle pile, la dove l'accesso del personale con piattaforma aerea non sarà possibile per condizioni ostative sul sedime o per impedimento geometrico, il personale dovrà accedere mediante navicelle semoventi ancorate ad una trave sull'impalcato (Allegati - foto 38).

### 6.2.6 Posa di reti di protezione a maglia fine di cavi d'acciaio

Le reti per il contenimento del lancio di frammenti di calcestruzzo proiettati dall'esplosione sono costituite da un cavo d'acciaio di diametro 19 mm, intrecciato a maglia stretta in modo tale da lasciar passare i gas d'esplosione trattenendo però tutti i frammenti di cls (“permeabili” ai gas d'esplosione). La dove necessario, per la presenza di recettori sensibili (es. componenti architettoniche delicate del ponte adiacente, cavi, linee elettriche aeree), le reti saranno posizionate attorno alle fasce minate, in quantità tale da garantire il contenimento integrale del lancio (Allegati - esempi di posa nella foto 39 ed indicazione sulla tipologia nella scheda 40).

### 6.2.7 Caricamento e brillamento mine

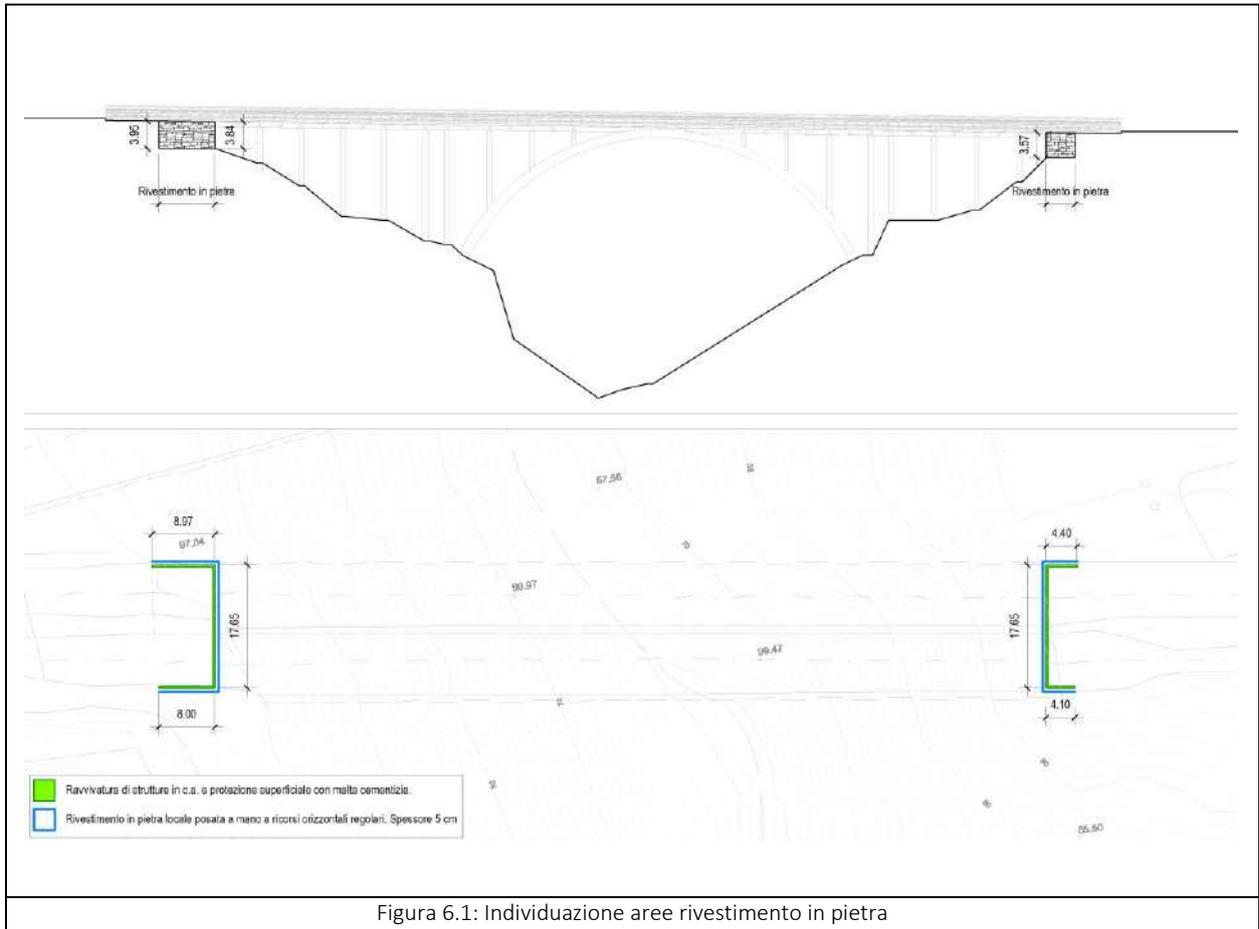
A lavori di predisposizione completati ed area di sicurezza sgomberata, le cariche esplosive sono introdotte nelle camere di scoppio, innescate e fatte brillare (Allegati - foto da 41 a 43.a)

### 6.2.8 Demolizione meccanica a terra

Una volta a terra il relitto può essere agevolmente ed in sicurezza, demolito con numerosi escavatori attrezzati con pinza e martello demolitore (Allegati - foto 43.b e 44).

### 6.2.9 Ripristino Spalle e rivestimenti

Al termine della rimozione delle macerie si prevede di applicare un rivestimento in pietra delle parti esposte agli agenti atmosferici a fini conservativi e ai fini dell'impatto ambientale post-intervento.



## 7 EFFETTI INDOTTI ALL'INTORNO DELL'ABBATTIMENTO

### 7.1 GENERALITÀ

Per "controllare" l'abbattimento è necessario:

- prevedere gli effetti per i quali manufatti e residenti all'intorno potrebbero avere risentimento,
- minimizzare questi effetti e, comunque,
- contenerli entro valori tali da garantire il rispetto della normativa per la "non insorgenza di danno" e di "disagio".

Nel caso della demolizione del ponte RIALTO, gli effetti di cui manufatti e persone all'intorno potrebbero avere risentimento saranno dovuti a:

- vibrazioni (possono produrre lesioni nei manufatti, e disturbo ai residenti);
- frammentazione primaria / lancio di frammenti d'abbattuto, polvere (rischio per la sicurezza del personale, possono produrre danno ai fabbricati e disturbo ai residenti);
- onda di sovrappressione in aria / rumore (danni ai manufatti, disturbo ai residenti).

La trattazione delle fenomenologie per gli effetti come sopra, è riportata nel seguito.

### 7.2 VIBRAZIONI / ONDE ELASTICHE / ONDE SISMICHE

#### 7.2.1 Le onde sismiche

Una frazione dell'energia d'esplosione viene trasferita nel mezzo all'intorno sotto forma di onde elastiche le quali, per analogia con quelle prodotte dai terremoti, sono anche dette "sismiche". Queste si propagano all'intorno e possono essere avvertite dai manufatti all'intorno.

I parametri delle onde sismiche, rilevanti ai fini del presente documento sono:

- velocità di propagazione del treno d'onda: "C" (dipende dalle caratteristiche fisiche, geomeccaniche e strutturali del mezzo e dal tipo di onda: "P", di compressione, "S" di taglio, "R" superficiali di Raileigh, "L" superficiali di Love – caratteristiche dei mezzi stratificati);
- spostamento: "s", velocità: "v" ed accelerazione: "a" della vibrazione prodotta dal passaggio dell'onda sismica (dipendono dalla distanza e dalla carica fatta brillare istantaneamente e dal suo grado di confinamento nonché dalle caratteristiche geometriche, fisiche, geometriche, e geostrutturali del mezzo di propagazione);
- frequenza d'oscillazione predominante del treno d'onda: "f" (dipende dalle caratteristiche geometriche, fisiche, geomeccaniche e strutturali del mezzo e dalla distanza dalla sorgente sismica);  
rapporto tra frequenza predominante: "f" e frequenza propria del manufatto.

Approssimando l'oscillazione indotta ad un moto armonico sinusoidale, le grandezze sopra riportate saranno legate dai seguenti legami funzionali:

Relazione illustrativa e di calcolo della demolizione con esplosivo

$$a = (2 \cdot \pi^2 \cdot f^2 \cdot s) / G = (2 \cdot \pi \cdot f \cdot v) / G = (2v^2) / (G \cdot s)$$

$$v = \pi \cdot f \cdot s = (G \cdot a) / (2 \cdot \pi \cdot f) = ((G \cdot a \cdot s) / 2)^{0,5}$$

$$s = v / (\pi \cdot f) = (G \cdot a) / (2 \cdot \pi^2 \cdot f^2) = (2 \cdot v^2) / (G \cdot a)$$

dove G è 9,80665 m/s<sup>2</sup> per il sistema di misura metrico e 1m/s<sup>2</sup> per il Sistema Internazionale  
 were G is 9,80665 m/s<sup>2</sup> for metric and 1m/s<sup>2</sup> for SI

La velocità di propagazione delle onde di compressione e di taglio sono esprimibili tramite le seguenti espressioni:

$$C_p \text{ (velocità delle onde di compressione)} = \sqrt{\frac{E}{\rho} \times \frac{(1-\mu)}{(1+\mu) \times (1-2\mu)}}$$

$$C_s \text{ (velocità delle onde di taglio)} = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$$

dove  $\rho$ : densità del mezzo di propagazione;

$\mu$ : modulo di Poisson dinamico

E: modulo di elasticità dinamico longitudinale e G: modulo di elasticità dinamico trasversale.

Le sollecitazioni associate al transiente sismico nel mezzo possono essere stimate come segue [Kolsky H., Stress Waves in Solids, Courier Dover Publications, 2003]:

$$\sigma_x = \rho \cdot C_p \cdot v_x$$

$$\tau_{xy} = \rho \cdot C_s \cdot v_{xy}$$

dove  $\rho$  è la densità del mezzo di propagazione;

$C_p$  e  $C_s$  sono rispettivamente la velocità di propagazione delle onde sismiche di compressione "P" e di taglio "S";

$v_x$  e  $v_{xy}$  sono rispettivamente la velocità d'oscillazione delle particelle in direzione longitudinale "x" e trasversale "xy" rispetto a quella di propagazione dell'onda.

L'ampiezza delle vibrazioni indotte dall'esplosione si riduce rapidamente all'aumentare della distanza dal punto di sparo. La funzione matematica che rappresenta il decadimento è di tipo esponenziale). Generalmente per esprimere il valore della massima velocità di vibrazione "vMAX" al passaggio del transiente sismico si stabilisce una proporzionalità diretta al quantitativo di carica fatta detonare istantaneamente<sup>1</sup> ed inversamente proporzionale alla distanza inclinata dal punto di sparo, secondo una legge tipo:

$$v_{MAX} = K \cdot Q^\alpha / R^\beta$$

- "K", "a" e "b" sono parametri funzione del tipo di volata, d'esplosivo e del mezzo di propagazione;
- "R" e "Q" sono rispettivamente la distanza dal punto di sparo e la massima carica esplosiva fatta brillare per ritardo d'accensione in una volata a brillamento sequenziale.

<sup>1</sup> ... nel caso di brillamento sequenziale: della carica cooperante...

### Relazione illustrativa e di calcolo della demolizione con esplosivo

“K”, “a” e “b” sono calcolati per ciascun sito, ed eventualmente nello stesso sito per varie direzioni di propagazione, mediante regressione di potenza a due variabili indipendenti (R e Q) dei dati misurati in campagna (“v” variabile dipendente).

Per agevolare la rappresentazione in un grafico bidimensionale la relazione sopra riportata viene normalizzata nella forma:

$$v_{MAX} = K * (R/Qc)^{-\beta} = K * (DS)^{-\beta}$$

dove “c” =  $\alpha/\beta$  e DS = R/Qc (distanza scalata, o normalizzata, sulla carica elevata a “c”).

Le vibrazioni possono essere distinte in tipo “transitorie” o tipo “ricorrenti” [DIN 4150-3, par. 3.5 e 3.6]. Come “transitorie” s’intendono quelle vibrazioni che si verificano con una ripetitività insufficiente a provocare effetti di fatica sui materiali e la cui frequenza predominante o ricorrenza sia tale da non provocare risonanze nella specifica struttura. In questo caso gli effetti sono legati essenzialmente alle sollecitazioni trasmesse direttamente alla struttura ed assorbite per inerzia (Allegati - fig. 45.a). Come “ricorrenti” s’intendono tutte le vibrazioni non comprese nella definizione di “transienti”. In questo caso gli effetti sono legati sia alle sollecitazioni dirette che a quelle indirette per oscillazione propria della struttura e/o per spostamenti differenziali delle parti componenti (Allegati - fig. 45.b). Per questa ultima fattispecie, ai fini della sicurezza, assume rilevanza anche il grado di libertà della struttura (fig. 45.c).

#### 7.2.1.1 Non insorgenza di danno.

Per la verifica di compatibilità alle onde sismiche dei manufatti all’intorno è fatto riferimento alla normativa [DIN 4150-3] riprese anche dalle italiane [UNI 9916]. Questa stabilisce una correlazione tra la velocità massima di vibrazione del terreno al passaggio dell’onda sismica e la possibile insorgenza di danni intesi come: “par. 3.2 Danno: Conseguenza permanente di un’azione, che comporta diminuzione del valore d’uso del manufatto, o di sue parti, con riferimento alla sua utilizzazione” (Allegati - tab. 46, fig. 47.a, tab. 48.b – vedi anche figura 48).

Per garantire al 100%, la non insorgenza di danni ai manufatti, in prima conservativa approssimazione, possono essere adottati i seguenti valori limite “vMAX” per ciascuna delle componenti “x”, “y” e “z” della velocità di vibrazione:

- PILE: 150 mm/s in fondazione;
- IMPALCATI in c.a.: 150 mm/s in mezzera e sul pulvino
- IMPALCATI METALLICI: 400 mm/s
- MANUFATTI INGEGNERIZZATI: 40 mm/s
- MANUFATTI NON INGEGNERIZZATI: 10 mm/s
- MANUFATTI PARTICOLARMENTE SENSIBILI ALLE VIBRAZIONI E SOTTOPOSTI A TUTELA BELLE ARTI: 5 mm/s

#### 7.2.1.2 Non insorgenza di disagio

Per quanto riguarda invece il disagio, in prima approssimazione può essere fatto riferimento al grafico di Goldmann (Allegati - figura 49.a).

Dai dati acquisiti durante il monitoraggio sismico potrà essere effettuato il calcolo di riscontro come da normativa [UNI 9614] (Allegati - tabella 49.b) la quale, con riferimento alla normativa europea ISO 2631, definisce il metodo di misura delle vibrazioni immesse negli edifici ad opera di sorgenti esterne o interne agli edifici stessi.

## Relazione illustrativa e di calcolo della demolizione con esplosivo

La norma, prevede criteri di valutazione differenziati a seconda della tipologia della vibrazioni (di livello costante, di livello non costante e impulsivo).

I locali o gli edifici in cui sono immesse le vibrazioni sono classificati a seconda della loro destinazione d'uso in: aree critiche, abitazioni, uffici, fabbriche. Le vibrazioni possono essere valutate calcolando il valore efficace dell'accelerazione espresso in  $m/s^2$  o in termini di livello dell'accelerazione espresso in dB. Il livello dell'accelerazione è definito dalla seguente relazione:

dove: a: valore efficace dell'accelerazione

$a_0 = 10^{-6} m/s^2$ : valore efficace dell'accelerazione di riferimento.

La norma prevede il filtraggio delle componenti armoniche dei transienti sismici misurati che attenuano il segnale in funzione della diversa percezione umana delle diverse componenti armoniche (da 1 ad 80 Hz) e limiti di accelerazioni complessive ponderate in frequenza (nei prospetti II e III riportati in seguito) per le diverse tipologie di manufatto e per differenti fasce orarie.

### 7.2.1.3 Ampiezza delle vibrazioni

#### 7.2.1.3.1 Brillamento delle cariche

Per la conformazione delle strutture da abbattere, con pareti a setto di piccolo spessore, la sismicità indotta dalle cariche esplosive poste in essa per la frantumazione del calcestruzzo non produrrà onde sismiche di ampiezza significativa.

Il brillamento della carica più in basso causerà soluzione di continuità nella pila così che l'onda sismica che si indurrà all'intorno dal setto, alla fondazione e quindi al terreno di posa, sarà dell'ordine del centinaio di grammi.

Il calcolo della sismicità indotta a distanza dal brillamento delle cariche è dunque trascurabile.

#### 7.2.1.3.2 Impatto al suolo dei manufatti

Per il calcolo dell'ampiezza della vibrazioni indotte dall'impatto è stato fatto riferimento alla curva di decadimento sperimentale :  $V_{MAX95\%} = 387 * (R / E_{0,187})^{-1,195}$

dove:  $V_{MAX95\%}$  [mm/s]: velocità di vibrazione con 95% di possibilità di non superamento;

- R [m]: Distanza dal recettore al baricentro di caduta dell'impalcato;
- E [MJ]: Energia potenziale di impatto = massa \* altezza \*  $G^{10} * 10^{-3}$

Le funzioni di trasferimento delle onde sismiche tra massa impattante e terreno e tra terreno di fondazione e sovrastante dato di fondazione devono essere valutate di volta in volta, in funzione dei rapporti tra le impedenze acustiche.

## 7.3 FRAMMENTAZIONE PRIMARIA

### 7.3.1 Il lancio

Le parti di calcestruzzo frantumate dall'esplosione sono spinte dall'onda d'urto e, sostenute nel moto dai gas d'esplosione, sono proiettate a distanza. La distanza di proiezione dipende dall'energia rilasciata dall'esplosione, dalla velocità iniziale, dalla densità e dalla forma del frammento e dalla traiettoria, essendo

### Relazione illustrativa e di calcolo della demolizione con esplosivo

massima per traiettoria "balistica" (45°). I frammenti così proiettati costituiscono un potenziale pericolo per i manufatti e soprattutto per le persone all'intorno, essendo il corpo umano vulnerabile all'impatto di solidi. Al contrario bassa è la vulnerabilità dei macchinari e dei manufatti. Anche per l'impatto al suolo dei manufatti, porzioni di cls possono staccarsi ed essere proiettate all'intorno (probabilità tanto maggiore quanto maggiore è la resilienza della superficie d'impatto).

#### 7.3.2 Non insorgenza di danno

Per la non insorgenza di danno è dunque definita, attorno a ciascun manufatto da minare, una fascia di sgombero da persone e mezzi, così da evitare che questi possano essere coinvolti dalla frammentazione primaria. Il calcolo per la definizione dell'estensione di questa area è riportato nel paragrafo che segue. Se necessario le superfici cls minate saranno coperte da rete metallica (Allegati - scheda 40), teli e, nel caso, sabbia, così da contenere il lancio nell'immediato intorno della volata (dispositivi di contenimento).

#### 7.3.3 Ampiezza del lancio

La massima distanza di lancio aumenta all'aumentare della carica specifica e del diametro del foro, dalla densità del mezzo da abbattere e dal rapporto interasse dei fori / spalla d'abbattimento. Dipende inoltre dalla traiettoria e da parametri geometrici del materiale da abbattere quali dimensioni, sfericità, ecc.. In prima e conservativa approssimazione, per il calcolo della massima distanza di lancio in carenza di dispositivi di contenimento, è adottata la seguente formula [U.S.A.S.C., Minimum separation distances ...2000]:

$$R (m) = 130 * QE^{1/3}; \quad \text{con } QE(\text{kg di TNT equivalente}) = \text{carica di cooperante.}$$

Per la dinamite, con energia d'esplosione pari a 4,1 MJ/kg, il TNT equivalente è pari a 0,9 (= 4,1 MJ/kg / 4,52 MJ/kg per il TNT). Per la Pentrite (l'esplosivo contenuto nella miccia detonante, il quale ha un'energia d'esplosione pari a 5,8 MJ/kg, ) il TNT equivalente è pari a 1,3 (ovvero 1 kg di Pentrite equivale a 0,8 kg di TNT). In prima approssimazione, per il calcolo della massima distanza di lancio è considerata il quantitativo in TNT equivalente.

Considerando una carica cooperante di 1,5 kg, ne deriva una distanza massima di proiezione pari a:  $R_{f \max} = 130 * 1,5^{1/3} = 148,8$  approssimato a 150 m.

In caso di proiezione a campo libero l'intorno dall'esplosione che potrebbe essere interessato da lancio di frammenti d'abbattuto sarebbe dunque pari a:  $R_{f \max} = 150$ .

Per precauzione sarà dunque predisposta, per la fase di brillamento, un'area di sgombero allo scoperto pari a non meno di 150 m. L'area sarà sorvegliata da personale posizionato lungo il perimetro; il personale di sorveglianza sarà dotato di dispositivi di segnalazione, così da poter avvisare tempestivamente il responsabile del brillamento dell'eventuale violazione dell'area interdetta.

#### 7.3.4 Abbattimento polveri

Tra le dotazioni per la gestione ambientale di cantiere, si dovrà annoverare l'impiego di cannoni nebulizzatori (Allegati - foto 50). La problematica delle polveri è di difficile risoluzione, perché necessiterebbe un enorme numero di ore per prove sui materiali, analisi e calcolo. Questo esercizio risulterebbe tuttavia inutile in quanto le polveri per l'esplosione si depositeranno in un'area priva di persone (per lo sgombero dell'area di sicurezza) e, una volta decantatesi, potranno essere raccolte con una spazzolatrice così che nessuna persona avrà a subirne gli effetti.

## Relazione illustrativa e di calcolo della demolizione con esplosivo

In ogni caso, per dare riscontro strumentale della minimizzazione della quantità di polvere dispersa all'intorno dalle attività di cantiere, dovrà essere installato un sistema di monitoraggio continuativo (Allegati - scheda tecnica tipo da pag. 51 a 55).

### 7.4 ONDA DI SOVRAPPRESSIONE IN ARIA

Nel passaggio dalla fase solida a quella gassosa gli esplosivi aumentano di circa mille volte il loro volume, trasformandosi in gas. La reazione di decomposizione (detonazione) si propaga nell'esplosivo a velocità supersonica (da 3 a 9 km/s).

L'esplosione libera quindi, in frazioni di millesimi di secondo, energia sotto forma di gas ad elevata pressione (può superare i 30 GPa) e temperatura (può superare i 5.000°). La potenza associata è quindi molto elevata.

Il calcestruzzo è sottoposto ad elevatissime sollecitazioni che ne provocano la rottura istantanea. Impattando l'aria, i gas d'esplosione generano un'onda di sovrappressione che si propaga riducendo la sua ampiezza rapidamente in prossimità dell'esplosione e più lentamente a distanza, fino a riportarsi a valori ambientali.

#### 7.4.1 Non insorgenza di danno

I quantitativi di esplosivo che possono arrecare danni a manufatti per l'onda di sovrappressione aerea sono molto maggiori di quelli impiegati nelle demolizioni. A titolo di riferimento, nella tabella 55.a sono riportate le distanze limite di sicurezza ( $R_s$ , in metri) dall'esplosione di una carica aerea "Q" oltre la quale non si ha formazione di fratture in un muro di mattoni di spessore  $h$  (m) e, nella tabella 46.b. la distanza di sicurezza oltre la quale si ha raramente la rottura dei vetri delle finestre [Melnicov, Safety in open pit mining ..., 1974].

In tabella 46.c sono riportati gli effetti generalmente corrispondenti a varie ampiezze del picco di sovrappressione aerea [Siskind et Al., Structure response and ...1980].

#### 7.4.2 Non insorgenza di disagio

In carenza di normativa specifica sulla tollerabilità alle sovrappressioni aeree, è sistematicamente fatto riferimento ai valori proposti dal CHBA Committee on Hearing, Bioacoustics and Biomechanics, Washington D.C., USA (comitato sull'udito, bioacustica e biomeccanica) [Siskind et Al., Structure response and ...1980].

Questi valori derivano da una ricerca sperimentale (Allegati - figura 57.a). Dal grafico si rileva che sovrappressioni quali quelle indotte dal brillamento delle cariche si mantengono entro valori tollerabili per le persone se non superano il valore di 146 dB (per una ripetizione al giorno).

#### 7.4.3 Ampiezza dell'onda di sovrappressione aerea

##### 7.4.3.1 Brillamento delle cariche

Il valore del picco di sovrappressione aerea e dell'impulso associato dipendono dall'energia totale d'esplosione (quantità e tipo d'esplosivo), dalla potenza dell'esplosione, dalla distanza dal punto d'esplosione, dalla pressione e dall'umidità atmosferica, dal grado di confinamento dell'esplosione, dalla distanza del baricentro d'esplosione dal suolo, dalla conformazione del terreno lungo il quale l'onda di sovrappressione si propaga (per la conseguente generazione di onde di Mach, ecc.), dalla velocità e direzione del vento, ecc..

Per la stima di prima approssimazione dei valori di picco della sovrappressione aerea prodotta dalla demolizione può essere fatto riferimento alla curva di decadimento in figura 48.b [Siskind et Al., Structure

---

Relazione illustrativa e di calcolo della demolizione con esplosivo

response and ...1980]. Da questa considerando il brillamento come poco confinato, in conseguenza dei bassi valori di spalla ed interasse e la carica specifica, (curva tratteggiata), si rileva che un valore di picco pari a 146 dB non verrà superato per distanze, scalate sulla radice cubica della carica, superiori a 50 ft/lb<sup>1/3</sup> ovvero pari a 31,7 m/kg<sup>1/3</sup> approssimato a 32 m/kg<sup>1/3</sup>.

#### 7.4.3.2 Impatto al suolo dei manufatti

L'impatto al suolo delle strutture non causerà rumore rilevante.

## 8 CONTENUTI MINIMI DEL PROGETTO ESECUTIVO

1 Scomposizione del lavoro in attività elementari (WBS) con definizione delle modalità operative, dei materiali e dei mezzi d'opera per l'esecuzione di (elenco indicativo e non esaustivo):

- 1.1 recinzione e varchi d'accesso
- 1.2 segnaletica generica di cantiere
- 1.3 streep-out (eventuale rimozione impianti da salvaguardare quali, ad es. fibra ottica, linee elettriche, trasduttori di controllo dell'assetto del ponte)
- 1.4 rimozione giunti in materiale plastico
- 1.5 scarifica asfalto
- 1.6 marcatura/picchettazione sottoservizi
- 1.7 allestimento logistica di cantiere
- 1.8 marcatura degli elementi strutturali, per l'identificazione univoca
- 1.9 rilievo geometrico del ponte
- 1.10 caratterizzazione meccanica del ponte
- 1.11 rilievo fotografico del ponte con individuazione di eventuali punti di discontinuità delle caratteristiche meccaniche e loro marcatura
- 1.12 compilazione di un database dei recettori con loro numerazione, ubicazione in pianta, compilazione di una scheda per ciascuno con la descrizione delle caratteristiche costruttive e stato di manutenzione, definizione della fattispecie di appartenenza con riferimento alle DIN 4150-3
- 1.13 linee di vita
- 1.14 demolizioni meccaniche preliminari
- 1.15 tagli a diamante preliminari
- 1.16 perforazione fori da mina
- 1.17 sgombero area di sicurezza per il brillamento
- 1.18 caricamento esplosivi
- 1.19 sequenza d'innesci delle cariche
- 1.20 controllo della regolare esecuzione del brillamento
- 1.21 demolizione meccanica a terra.

2 Verifica statica del ponte nella configurazione a completamento delle demolizioni meccaniche, tagli e perforazioni per l'abbattimento.

3 Previsione degli effetti indotti all'intorno per (attività preliminari, brillamento, impatto al suolo delle masse abbattute, demolizione meccanica del relitto a terra), misure mitigatorie e precauzioni da adottare:

- 3.1 vibrazioni
- 3.2 onda di sovrappressione in aria
- 3.3 rumore
- 3.4 lancio di frammenti d'abbattuto
- 3.5 polvere.

4 Specifica di monitoraggio degli effetti indotti all'intorno.

## 9 CONTENUTI MINIMI DEL POS (PER ABBATTIMENTO CONTROLLATO ESPLOSIVI)

1. Organizzazione della sicurezza.
2. Regolamentazione delle operazioni.
3. Specifiche di esplosivi ed incendiivi.
4. Mezzi d'accensione ed accessori da mina.
5. Presidio di igiene e pronto soccorso.
6. Trasporto e scarico esplosivi in cantiere.
7. Interdizione e sorveglianza dell'area di sicurezza in presenza di esplosivi.
8. Sicurezza per il caricamento delle volate.
9. Aree di sgombero, per ciascun impalcato e per ciascuna pila.
10. Segnalazioni visive ed acustiche delle fasi di caricamento e brillamento.
11. Riscontro della regolare esecuzione del brillamento.
12. Intervento in caso di colpi mancati.
13. Distruzione degli esplosivi non utilizzati.

## 10 PROSPEZIONI E MONITORAGGIO

### 10.1 PROSPEZIONE PRELIMINARE ALLA PROGETTAZIONE ESECUTIVA

Un non elevato grado di approssimazione nella conoscenza dei parametri meccanici delle strutture da demolire riduce la rappresentatività del modello di struttura e, conseguentemente, aumenta i margini d'errore nella previsione dei risultati del brillamento e relativo cinematismo di caduta. È dunque indispensabile la preliminare definizione delle caratteristiche di resistenza per la quale sarà effettuata una campagna di monitoraggio mirata i cui contenuti minimi saranno:

1. sintesi dei dati tecnici relativi al manufatto;
2. indicazioni delle finalità del monitoraggio,
3. descrizione delle caratteristiche della strumentazione utilizzata,
4. indicazione delle impostazioni per garantire rappresentatività dell'evento fisico misurato (frequenza di campionamento, sensibilità dell'attrezzatura di misura, durata dell'evento, ecc.),
5. ubicazione punti di misura,
6. indicazione delle modalità di acquisizione (numero di ripetizioni, grado di approssimazione della misura, ecc.),
7. normativa di riferimento,
8. definizione degli schemi di reportistica,
9. indicazione delle analisi post-acquisizione (elaborazione statistica, trend, ecc.),
10. definizione dei contenuti del rapporto di monitoraggio, per l'acquisizione di:
  - STATO di porzioni significative di struttura (mediante presa fotografica);
  - STATO FESSURATIVO: posizione, lunghezza, forma ed apertura delle lesioni, trasposizione sui prospetti cartacei e/o fotografici (mediante rilievo organolettico);
  - DIFETTI: ammaloramento del cls, ossidazione dei ferri, ecc. (mediante rilievo organolettico, apertura di finestre e tasselli, e riscontro con metodo "Sonreb" (ultrasuoni-sclerometro),
  - CARATTERIZZAZIONE DINAMICA:
    - contesto sismico ambientale;
    - frequenza di risonanza propria;
    - velocità delle onde sismiche;
    - modulo di elasticità dinamico, omogeneità di caratteristiche, resistenza a compressione dinamica;
  - CARATTERIZZAZIONE STATICA:
    - peso volume;
    - resistenza a compressione uniassiale;
    - resistenza a trazione uniassiale (Brasiliana), modulo di elasticità e coeff. di Poisson;
    - stato tensionale in situ / stato di coazione.

### 10.2 MONITORAGGIO AMBIENTALE IN FASE D'ABBATTIMENTO

Per il riscontro strumentale delle condizioni di sicurezza a cui è sarà attento, saranno misurati gli effetti di cui manufatti e persone all'intorno avranno avuto risentimento per l'abbattimento. I contenuti minimi della reportistica saranno:

- indicazioni delle finalità del monitoraggio;

**Relazione illustrativa e di calcolo della demolizione con esplosivo**

- descrizione delle caratteristiche tecniche della strumentazione utilizzata;
- indicazione delle impostazioni per garantire rappresentatività dell'evento fisico misurato (frequenza di campionamento, sensibilità, durata dell'evento, ecc.);
- ubicazione punti di misura;
- indicazione delle modalità di acquisizione;
- normativa di riferimento;
- indicazione delle analisi post – acquisizione (elaborazione statistica, trend, ecc.),
- definizione dei contenuti del rapporto di monitoraggio,

La sintesi del monitoraggio sarà essere riportata in un RAPPORTO DI MISURA provvisorio, mensile, sintetizzato a fine lavori in un RAPPORTO CONCLUSIVO.

## 11 CONTESTO LEGISLATIVO E NORMATIVO

### 11.1 LEGISLAZIONE SULLA SICUREZZA PUBBLICA E LOTTA AL TERRORISMO

- R.D. 18/6/31 n. 773 Testo Unico delle leggi di Pubblica Sicurezza” (T.U.L.P.S.)
- R.D. 6.5.40, n. 635: Regolamento per l'esecuzione del Testo Unico 18/06/31 n. 773 delle leggi di Pubblica Sicurezza.
- D. M. Industria 1.7.97: Norme per il rilascio dell'idoneità di prodotti esplosivi ed accessori di tiro all'impiego estrattivo, ai sensi dell'art. 687 del D.P.R. 128/59.
- D. M. Interno 15.8.05: Speciali limiti all'importazione, commercializzazione, trasporto e impiego di detonatori ad accensione elettrica a bassa e media intensità nonché all'impiego e al trasporto degli altri esplosivi di 2a e 3a categoria, ai sensi dell'articolo 8, comma 1, del D.L. 27.7.05, n. 144, convertito, con modificazioni, dalla legge 31.7.05, n. 155. (sostituito dal DM 2008-04).

### 11.2 LEGISLAZIONE SULLA PREVENZIONE DEGLI INFORTUNI

- D.P.R. 19/03/1956 n. 302: Prevenzione infortuni nella produzione e nell'impiego degli esplosivi.
- DPR 20/03/1956 n. 320: Prevenzione degli infortuni ed igiene dei lavori in sotterraneo.
- DPR 09/04/1959 n. 128: Norme di Polizia Mineraria.

### 11.3 NORMATIVA

- UNI 9614 del 1990: Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo.
- DIN 4150-1 del 201: Erschütterungen im Bauwesen - Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen (Le vibrazioni nelle costruzioni: acquisizione grandezze fisiche correlate ad oscillazioni).
- DIN 4150-2 del 1992: Erschütterungen im Bauwesen - Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden ( ...: effetto sulle persone).
- DIN 4150-2 del 20085: Erschütterungen im Bauwesen - Teil 3: einwirkungen im bauliche Anlagen (...: effetti sui manufatti).

## 12 VOLUMI PREESISTENZE E RIFIUTI PRODOTTI

Per la determinazione del peso del viadotto è stato assunto un peso in volume medio del calcestruzzo armato di 2,5 ton/mc

Si riporta di seguito la scomposizione dei volumi secondo WBS Anas.

Viadotto T04-VI01	CodiceWBS-ParteOpera	CodiceWBS-ParteOpera-Progressivo	CodiceWBS-Elemento	Note	Materiale	Volume (mc)	Lunghezza (m)	
<b>Arco</b>	AC	1	SAR	Struttura ad Arco	Cemento Armato	693,46		
	AC	2	SAR	Struttura ad Arco	Cemento Armato	662,22		
	C.A. sub.tot.						1355,68	
<b>Impalcato</b>	IC	1	CCU	Cordolo	Cemento Armato	69,33		
	IC	1	PAV	Pavimento stradale	Asfalto, bitume	218,74		
	IC	1	PEN	Pendini	Cemento Armato	392,33		
	IC	1	SCA	Soletta in C.A.	Cemento Armato	421,81		
	IC	1	TCA	Trave in C.A.	Cemento Armato	65,66		
	IC	1	TRC	Traversi in C.A.	Cemento Armato	92,91		
	IC	2	CCU	Cordolo	Cemento Armato	69,32		
	IC	2	PAV	Pavimento stradale	Asfalto, bitume	218,74		
	IC	2	PEN	Pendini	Cemento Armato	386,49		
	IC	2	SCA	Soletta in C.A.	Cemento Armato	474,8		
	IC	2	TCA	Trave in C.A.	Cemento Armato	58,48		
	IC	2	TRC	Traversi in C.A.	Cemento Armato	92,86		
		C.A. sub.tot.						2123,99
<b>Parapetti e Reti di protezione</b>	PR	1	PRP	GuardRail	Acciaio		288,8	
	PR	2	PRP	Parapetto	Acciaio		144,4	
	PR	2	PRP	GuardRail	Acciaio		288,8	

I suddetti valori sono soggetti a tolleranza dovute alle misurazioni eseguite del 15%

## 13 ALLEGATI

## **ALLEGATO 1: PROGRESSIONE D'INTERVENTO PER L'ABBATTIMENTO CONTROLLATO**

**Progressione d'intervento  
per l'abbattimento controllato  
con esplosivi  
del ponte RIALTO ne tratto dismesso  
della SA-RC**

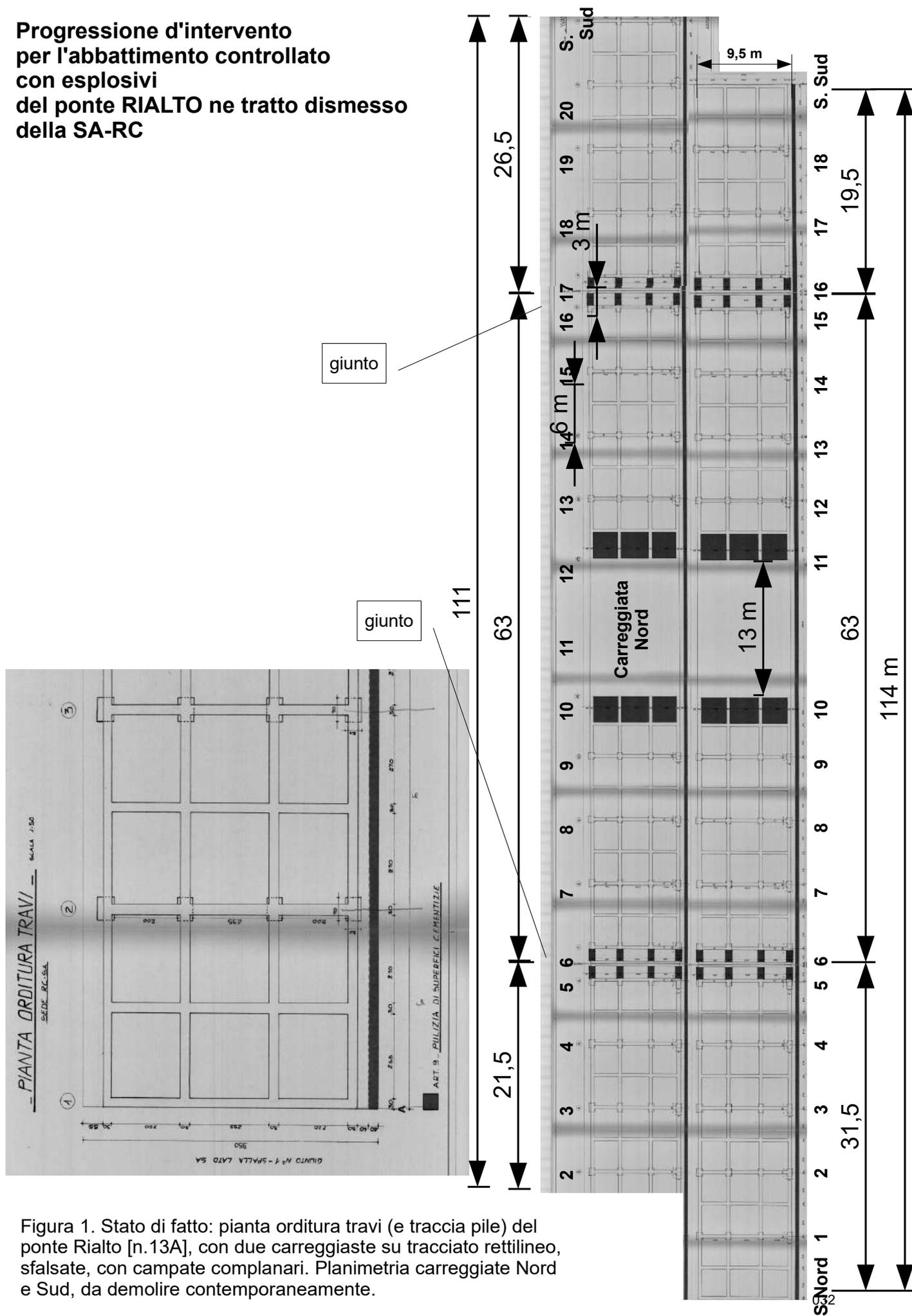


Figura 1. Stato di fatto: pianta orditura travi (e traccia pile) del ponte Rialto [n.13A], con due carreggiate su tracciato rettilineo, falsate, con campate complanari. Planimetria carreggiate Nord e Sud, da demolire contemporaneamente.

P1	11,2
P2	14,5
P3	14,3
P4	25,1
P5	24,2
P6	22,7
P7	14,0
P8	10,5
P9	3,4
P10	1,2
P11	1,2
P12	3,3
P13	7,2
P14	12,6
P15	21,4
P16	23,4
P17	15,6
P18	9,4

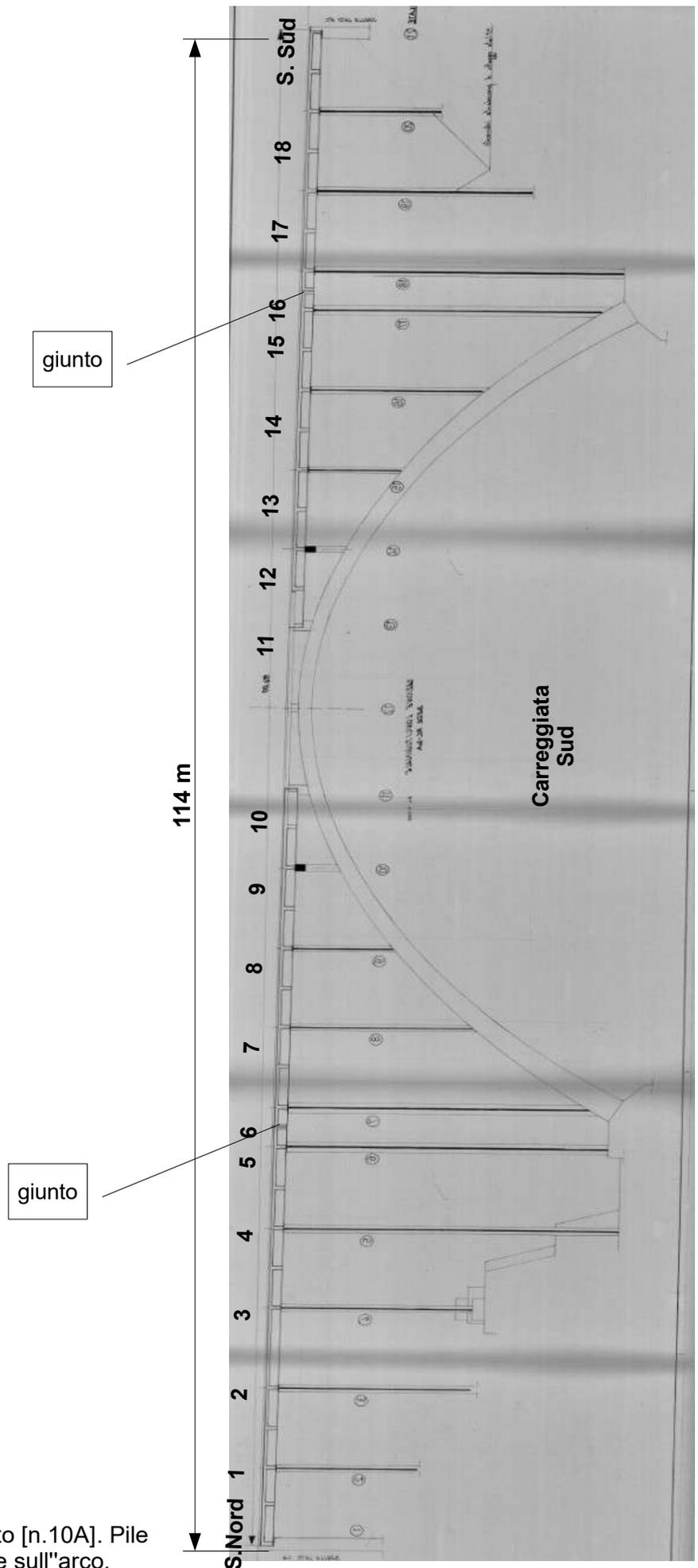


Figura 2. Stato di fatto: prospetto [n.10A]. Pile fondate su plinti e pile impostate sull'arco.

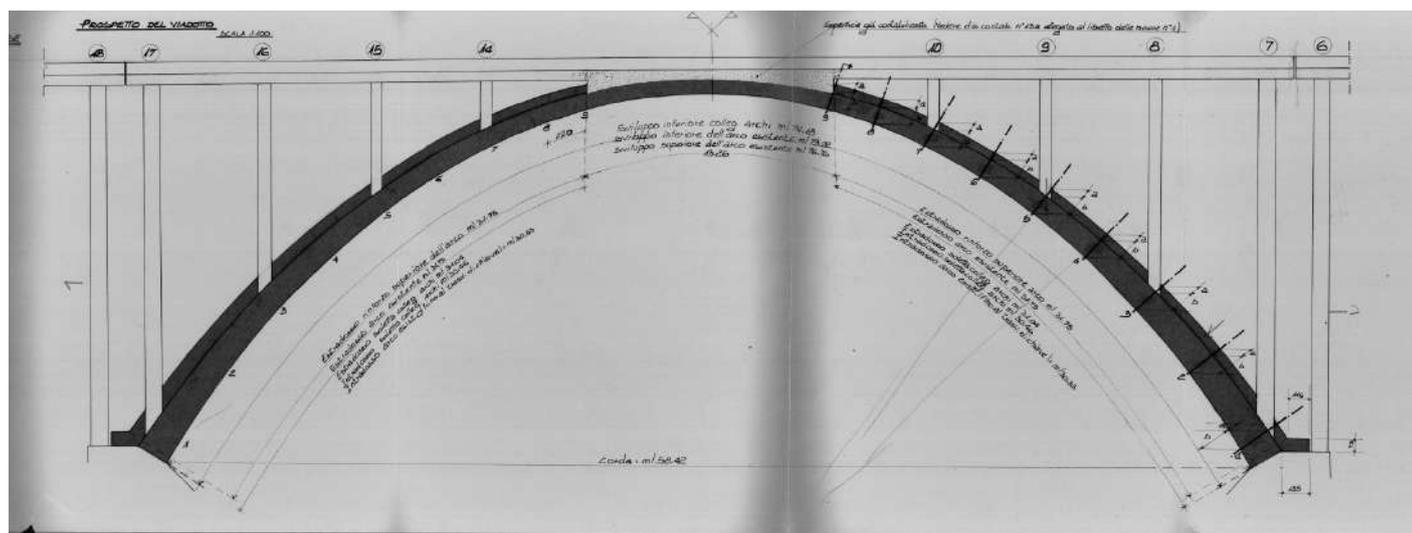
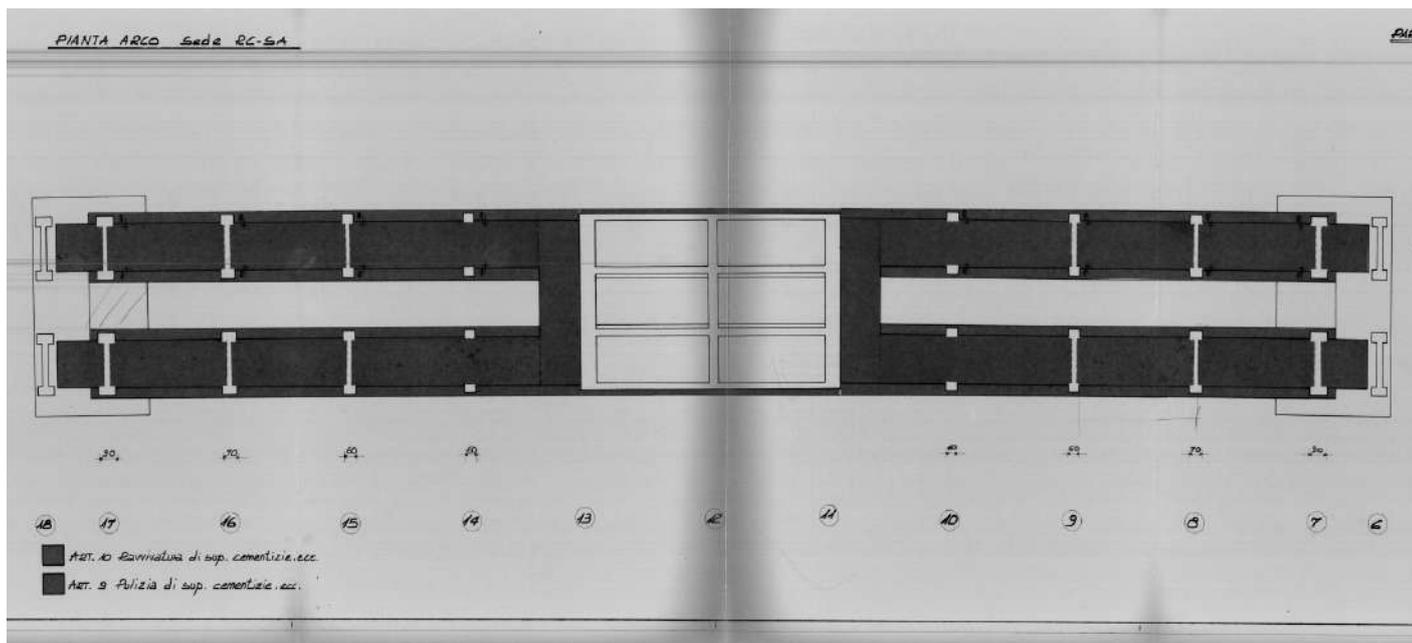
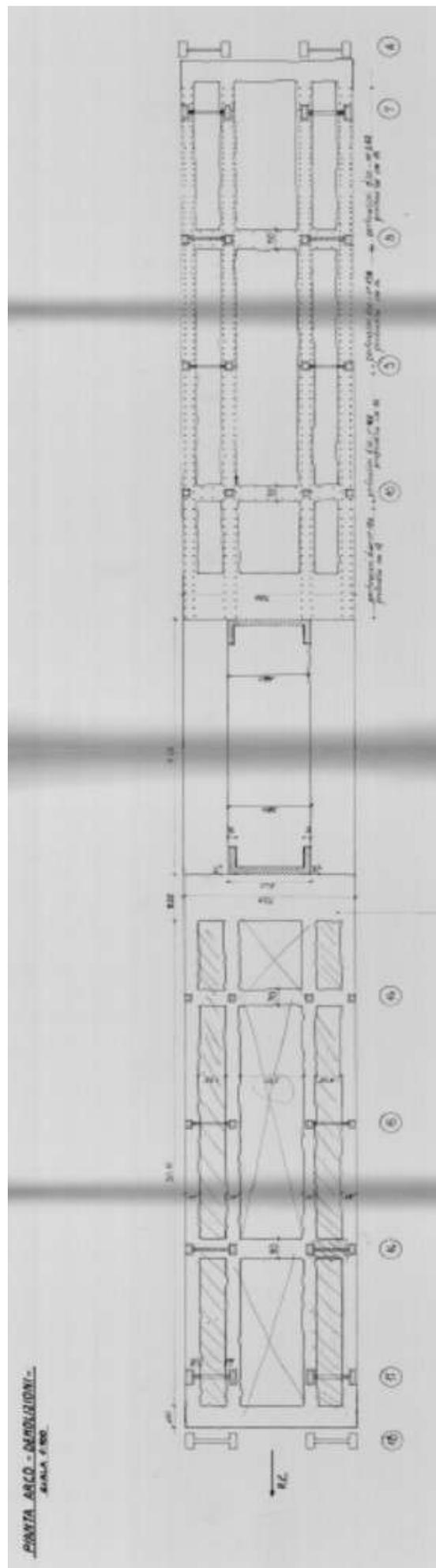


Figura 3.a e "b" Profilo del ponte nella sua configurazione già "rafforzata e risanata strutturalmente" [n.16A].

Figura 4. Indicazioni del “rafforzamento e risanamento strutturale” [n23A]. L'effettivo rinforzo dovrà essere verificato localmente, in fase di predisposizione della struttura all'abbattimento con esplosivi (ovvero in fase di demolizione meccanica preliminare, taglio con utensili a diamante, perforazione delle camere di scoppio).



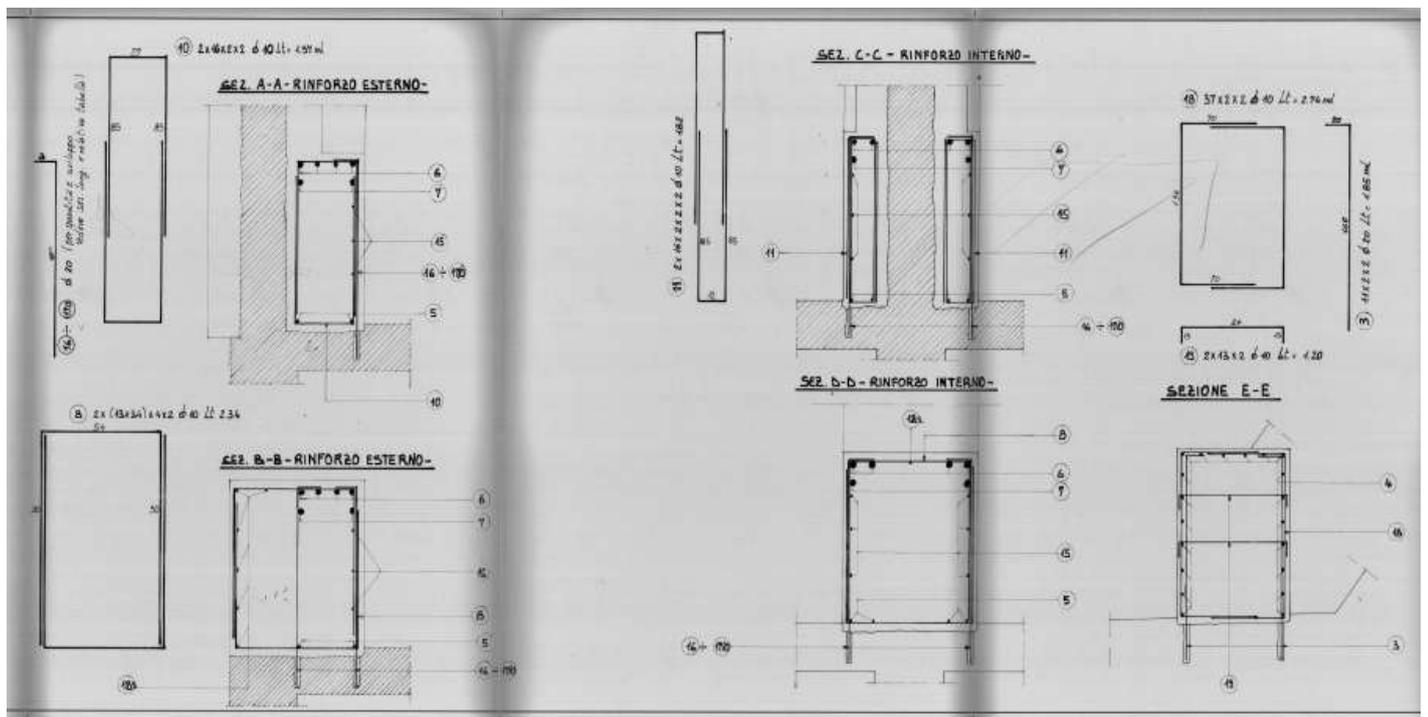
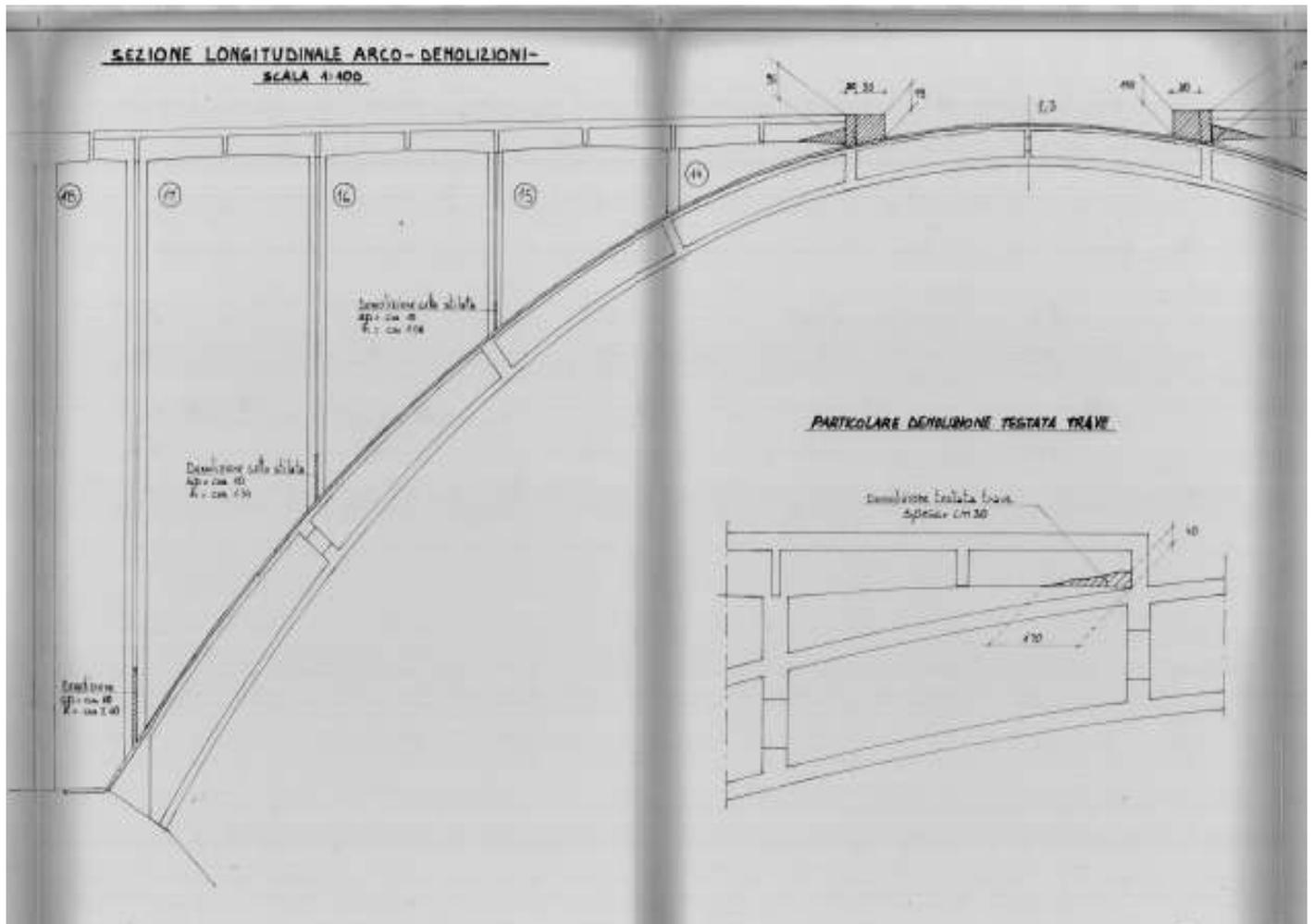


Figura 5. Tavole progettuali del “rafforzamento e risanamento strutturale” [n23A].



RICOLARE N° 1 - IMPOSTA ARCO-  
SCALA 1:30

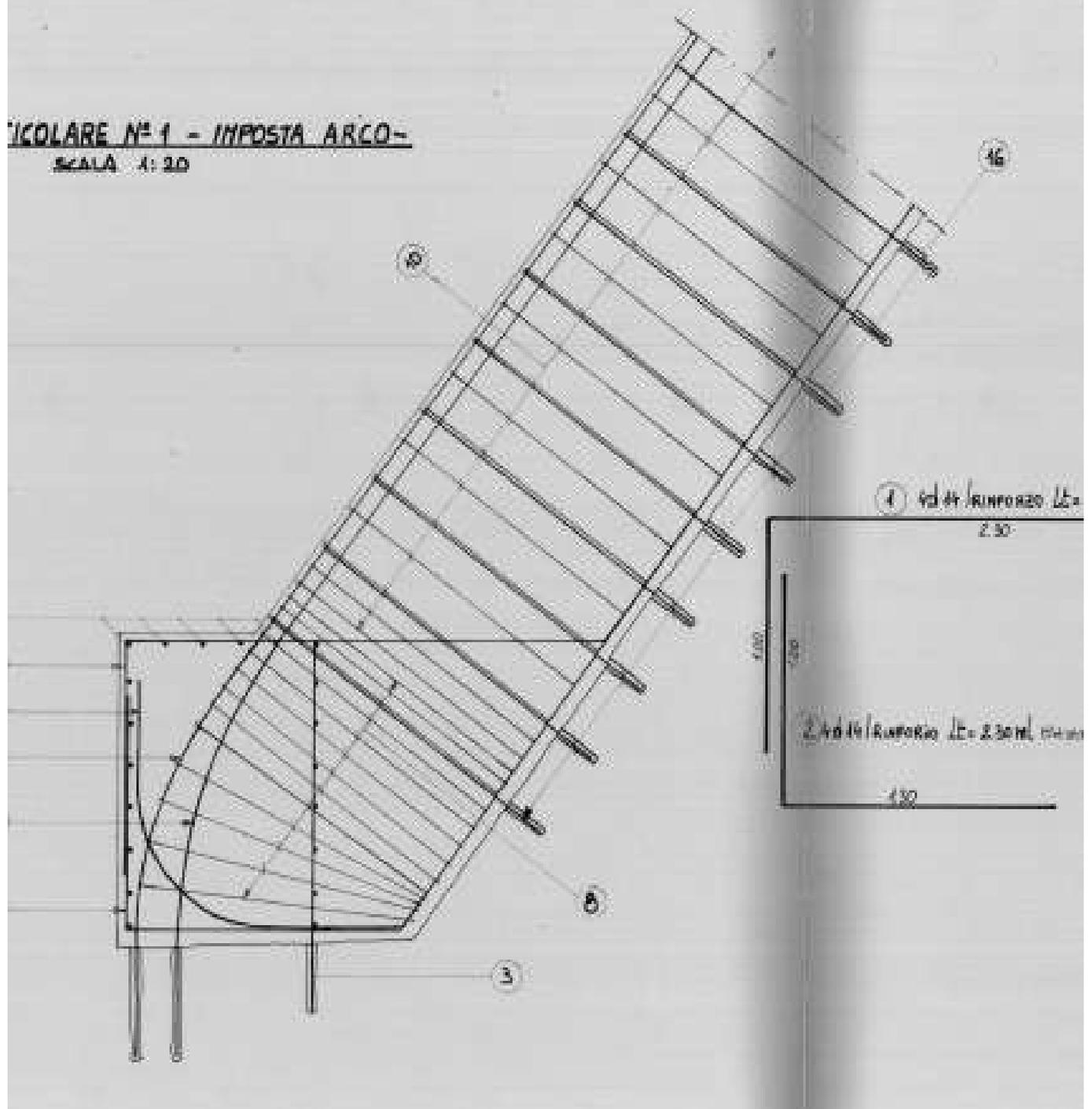
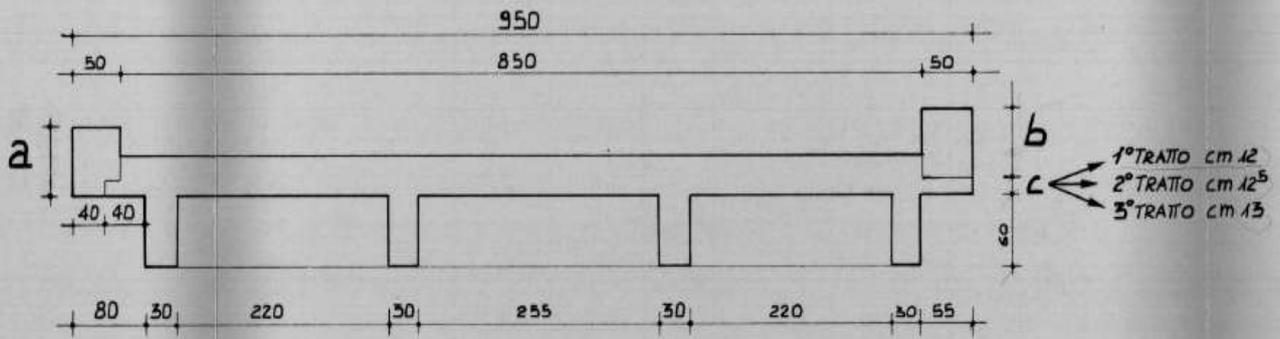


Figura 7. Tavole progettuali del “rafforzamento e risanamento strutturale” [n23A].

SEZIONE TRASVERSALE    SCALA 1:50



PROSPETTO IMPALCATO IN PROSSIMITÀ DELLA CHIAVE DELL'ARCO

SCALA 1:50

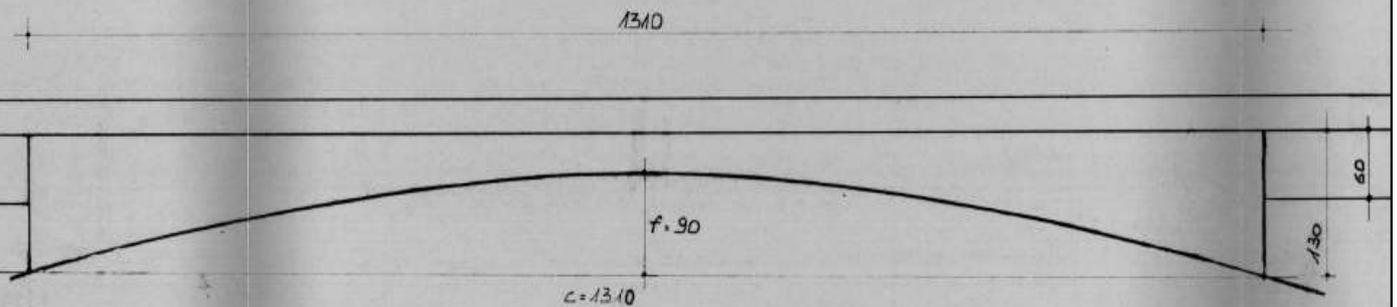


Figura 8. Tavole progettuali del "rafforzamento e risanamento strutturale" [n23A].





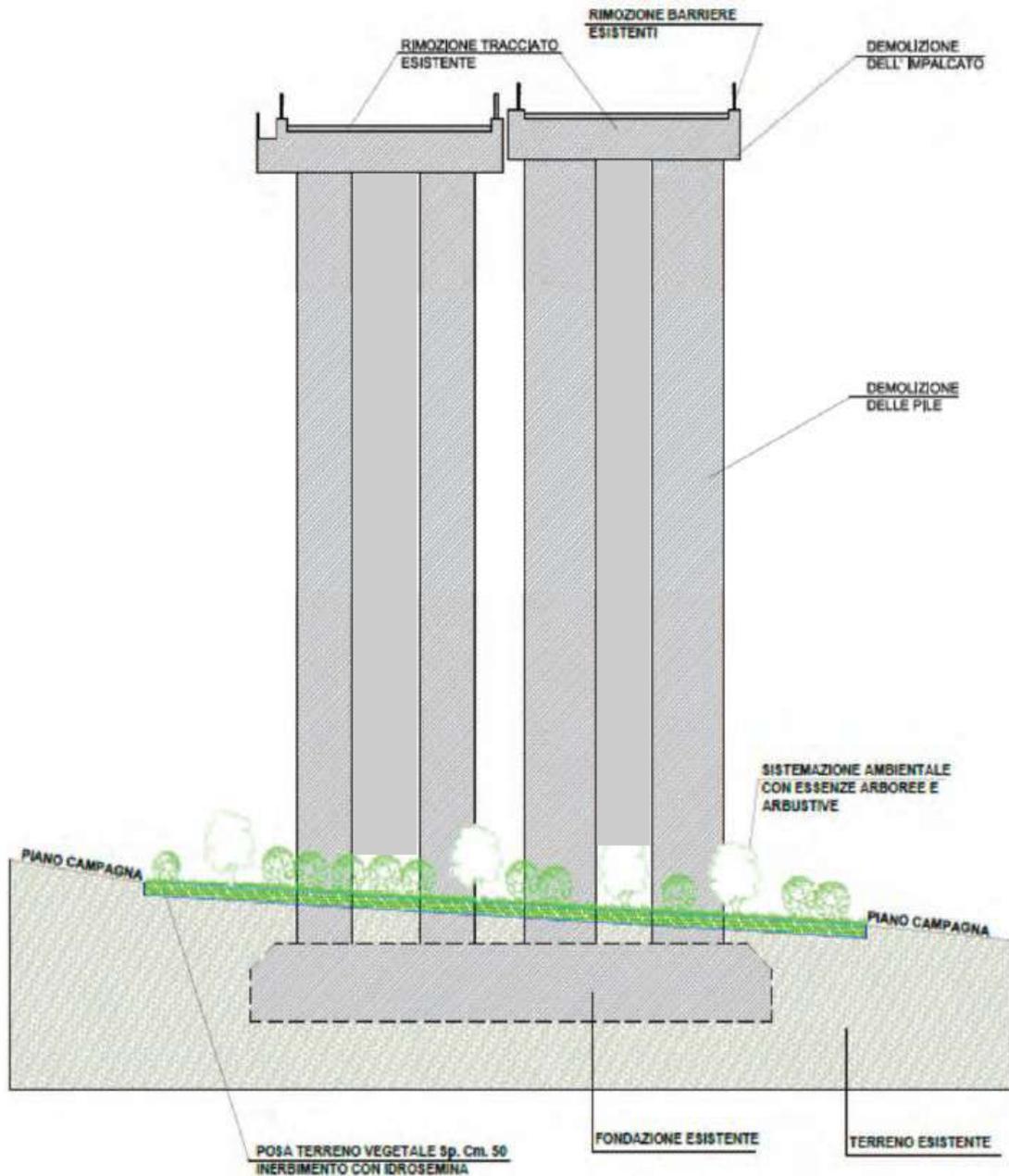


Fig.43 - Sezione tipologica intervento in viadotto (Tipo 2)

## ALLEGATO 2: VOLUMI C.A.

**Stima volumi c.a. viadotto RIALTO**  
**approssimato alle 100 unità sup.**  
**carreggiate Nord e Sud** 3.000

**IMPALCATO [m³] +5%**

**una carreggiata** 568

soletta [m³]	289
larghezza [m]	<b>9,5</b>
lunghezza [m]	<b>113</b>
spessore [m]	<b>0,27</b>
cordolo [m³]	68
larghezza [m]	<b>0,5</b>
lunghezza [m]	225
altezza media [m]	<b>0,6</b>
travi longitudinali [m³]	101
larghezza [m]	<b>0,3</b>
lunghezza [m]	450
altezza [m]	<b>0,75</b>
travi trasversali [m³]	84
larghezza [m]	<b>0,3</b>
lunghezza [m]	371
altezza [m]	0,75

**ARCO [m³] +5%**

**una carreggiata** 295

raggio medio [m] STIMA	<b>30</b>
corda base imposta arco [m] STIMA	<b>60</b>
lunghezza media dell'arco [m] STIMA	45
spessore medio scatolare [m] IPOTESI	<b>0,25</b>
altezza media pareti [m] IPOTESI	<b>4,4</b>
larghezza arco [m]	<b>9,0</b>

**PILE [m³]**

**una carreggiata** 602

sezione trasversale [m²] pile a 2 stilate di 2 pilastri approssimazione per eccesso considerando il setto per tutte le pile	<b>2,56</b>
P1	<b>11,2</b>
P2	<b>14,5</b>
P3	<b>14,3</b>
P4	<b>25,1</b>
P5	<b>24,2</b>
P6	<b>22,7</b>
P7	<b>14,0</b>
P8	<b>10,5</b>
P9	<b>3,4</b>
P10	<b>1,2</b>
P11	<b>1,2</b>
P12	<b>3,3</b>
P13	<b>7,2</b>
P14	<b>12,6</b>
P15	<b>21,4</b>
P16	<b>23,4</b>
P17	<b>15,6</b>
P18	<b>9,4</b>

Figura 12. Quantità di demolizione.

## **ALLEGATO 3: STATO DI FATTO**



Foto 13. Ponte Rialto - stato di fatto: vista dall'alto. A dx il nuovo tracciato della autostrada SA-RC. I giunti sono visibili dall'alto.

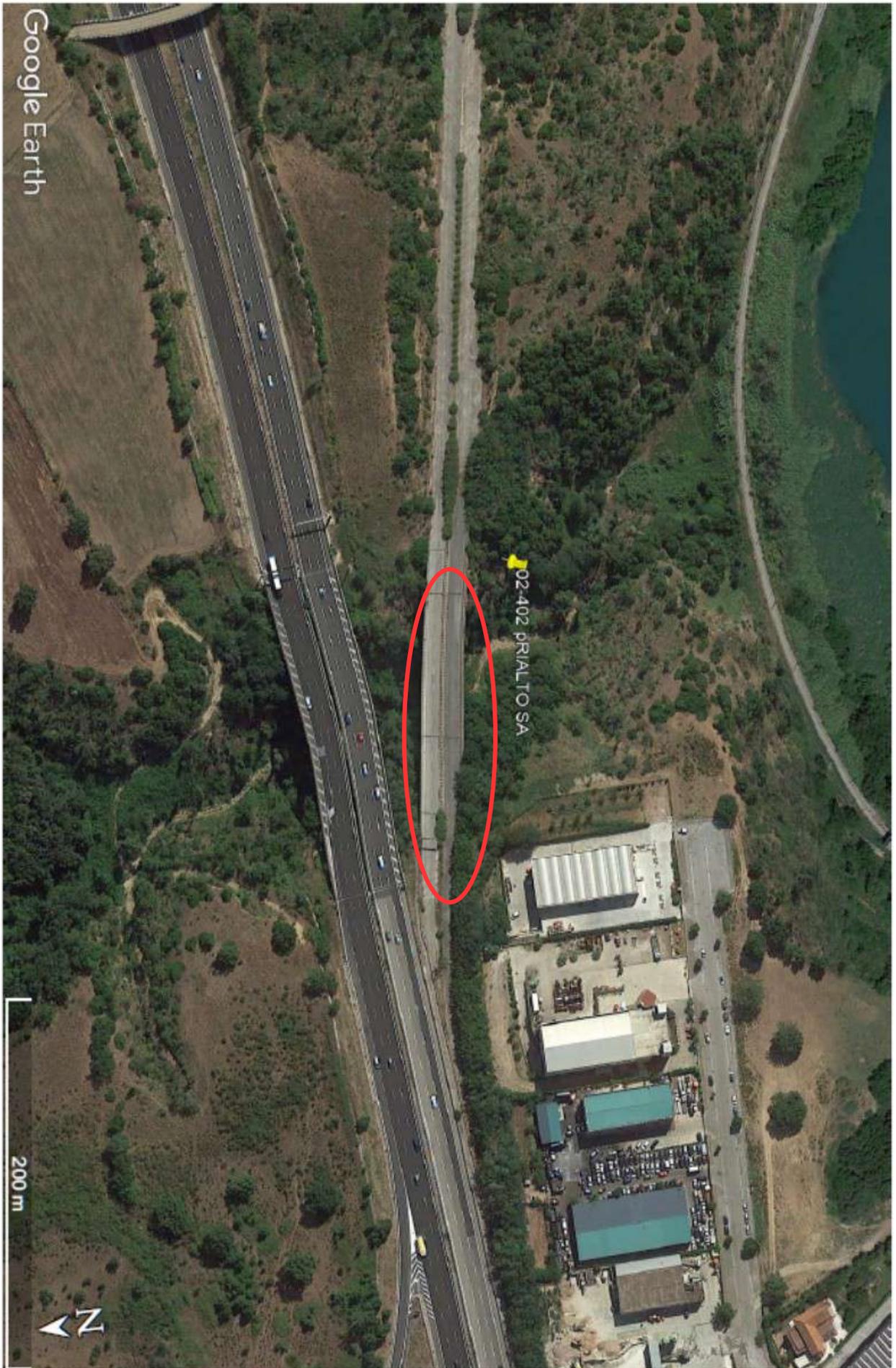


Foto 14. Ponte Rialto sul vecchio tracciato della autostrada SA-RC (cerchiato in rosso) ed i recettori più vicini, consistenti nella nuova autostrada SA-RC ed in un complesso industriale.



Foto 15. Area in un ampio intorno dal ponte Rialto.

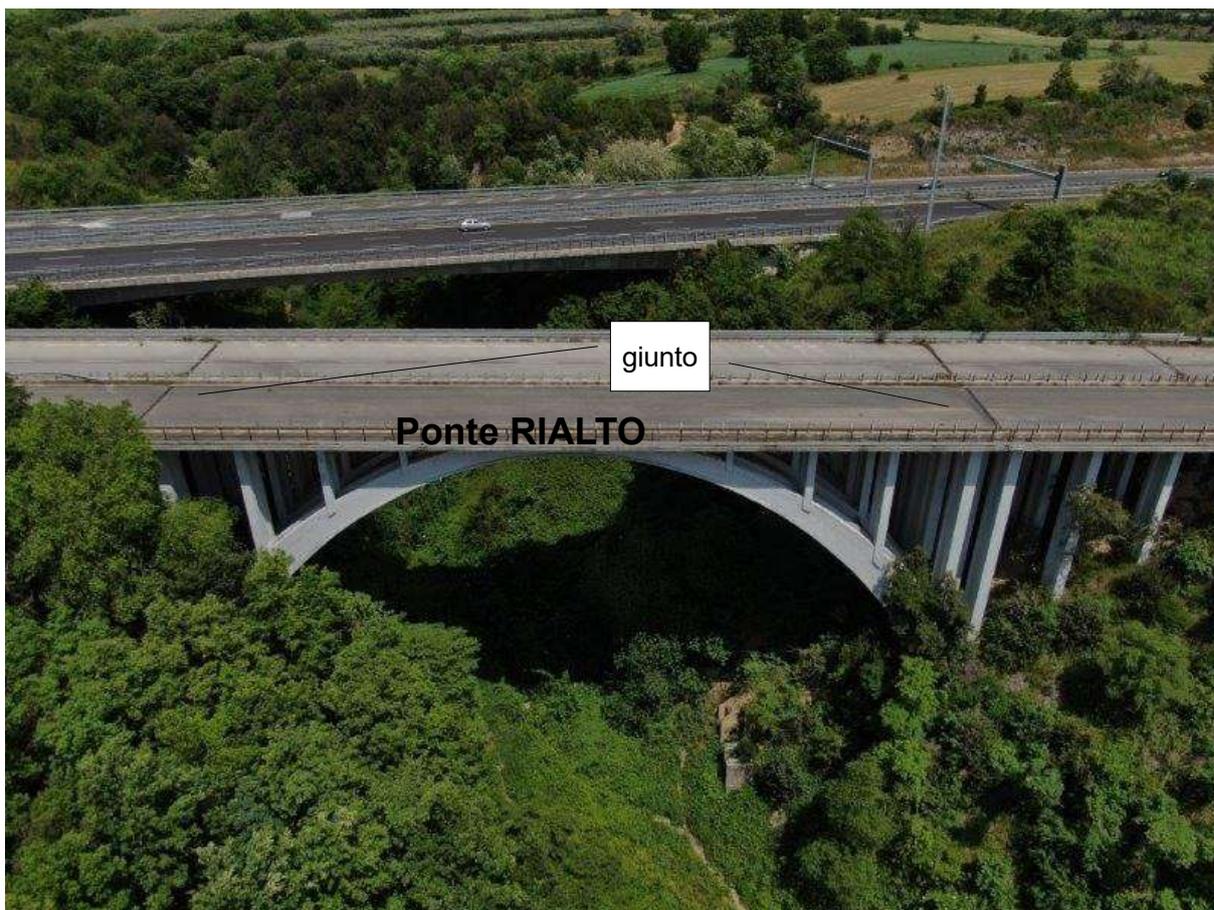


Foto 16.a (sopra) Soletta, arco scatolare e pile a doppia stilata connesse da un muro, e foto “b” impalcato-cordolo ed arco. Nella foto b. sono evidenti gli interventi di consolidamento dell'arco effettuati negli anni 90.

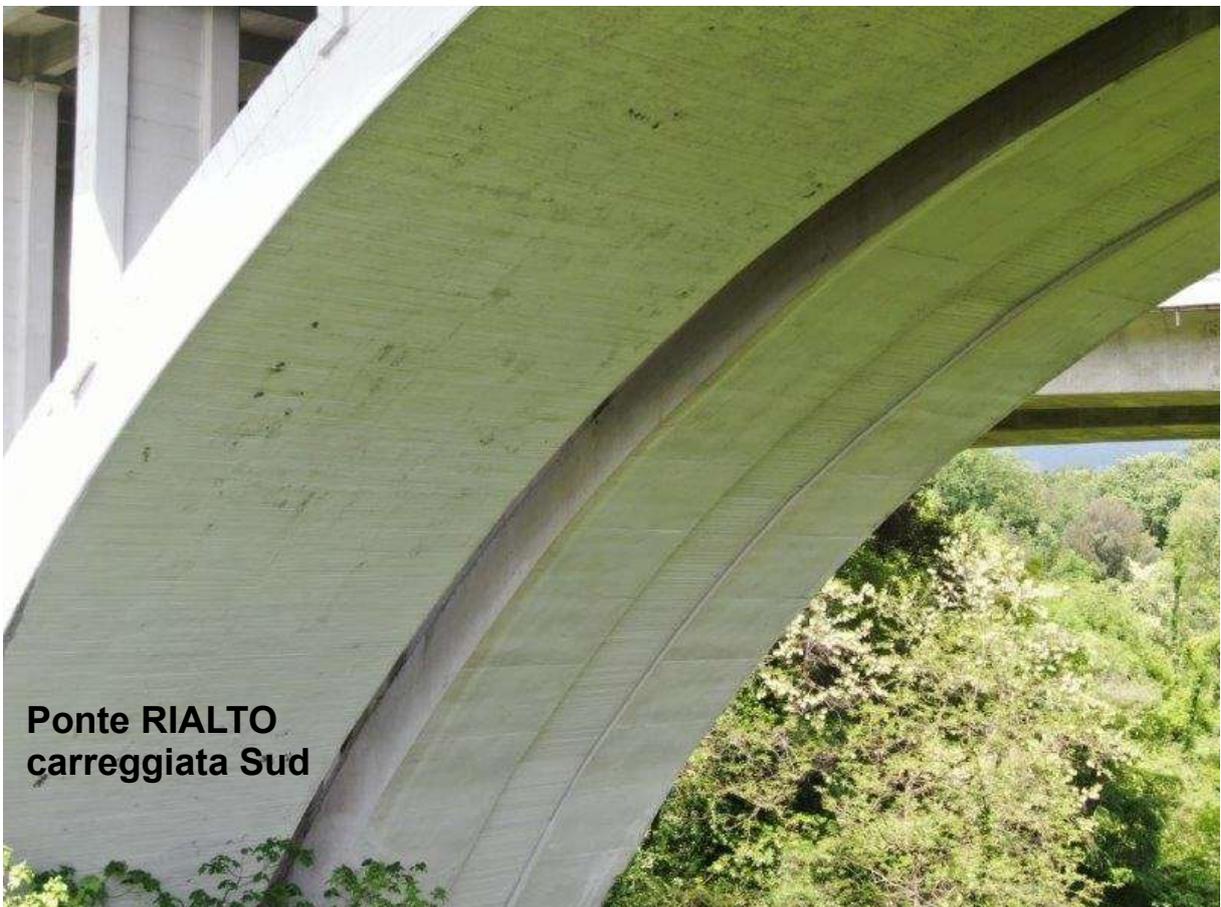
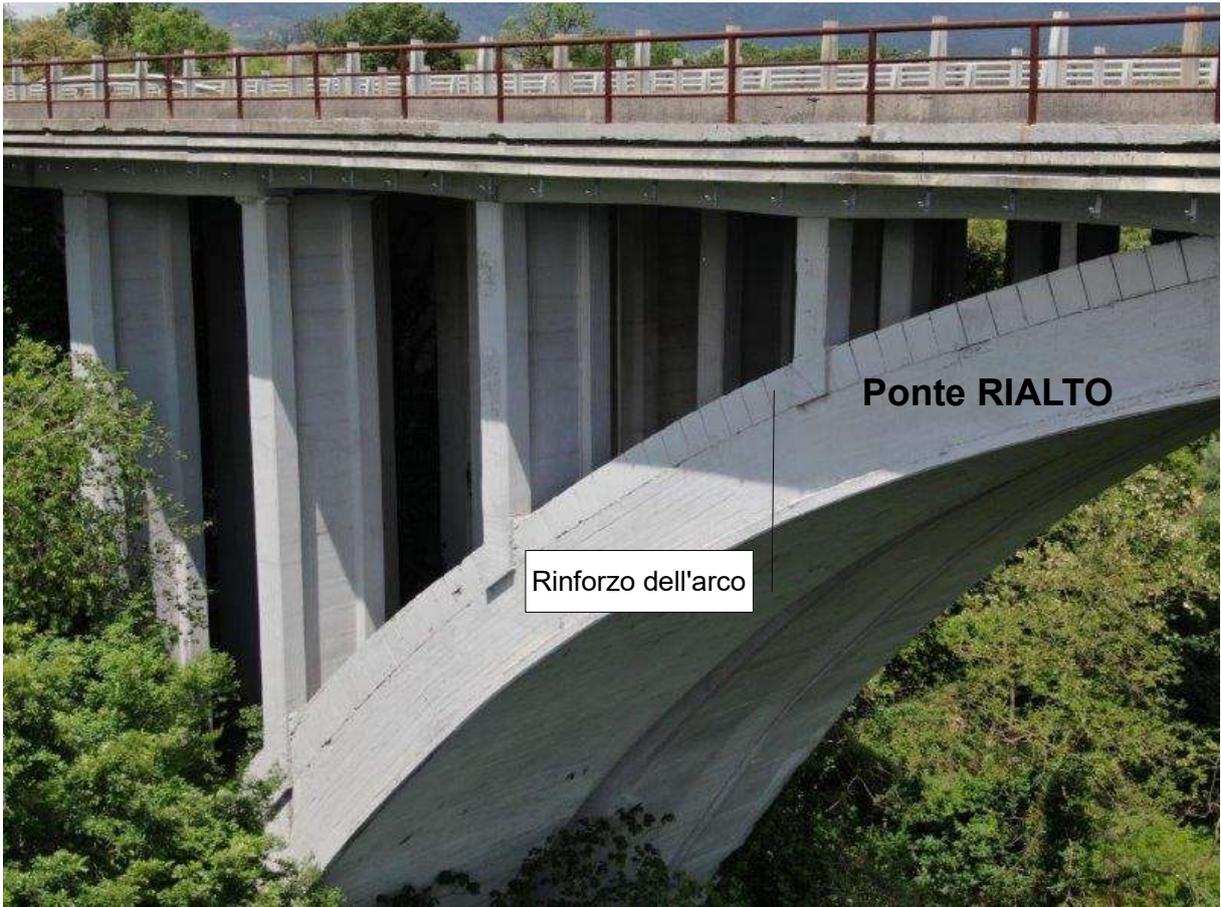


Foto 17.a e "b".



Foto 18.a e "b".



Foto 19.a e "b".



Foto 20.a e “b” Vista del ponte Rialto dal tratto in esercizio della nuova autostrada SA-RC (all'altezza del km 42).



Foto 21.

## ALLEGATO 4: MECCANISMO DI COLLASSO

**Posizione delle cerniere per indurre il cinematiso di crollo**

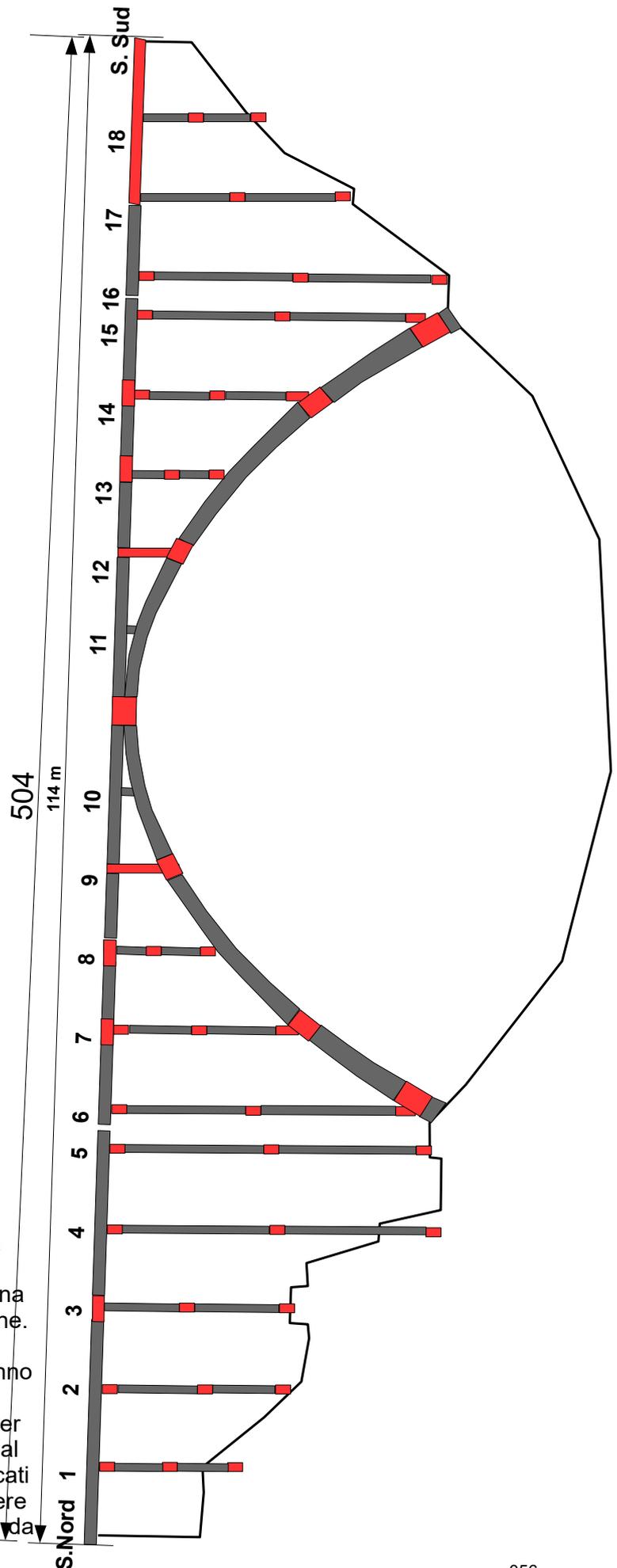


Figura 22. Per imporre il collasso, la struttura del ponte (isostatica), dovrà essere resa "meccanismo" mediante realizzazione, con una sequenza predeterminata, di cerniere plastiche. La posizione delle cerniere è riportata, schematicamente, nella figura. Le pile dovranno essere sezionate in due tronconi, così da imporre il crollo a "pantografo" sul sedime. Per consentire l'adattamento del relitto del ponte al profilo del terreno di sedime, anche gli impalcati dovranno essere sezionati. L'arco dovrà essere segmentato e demolito per ampie fasce, così da evitarne l'accastellamento.

## Progressione di brillamento con realizzazione cerniere e cinematismo di crollo

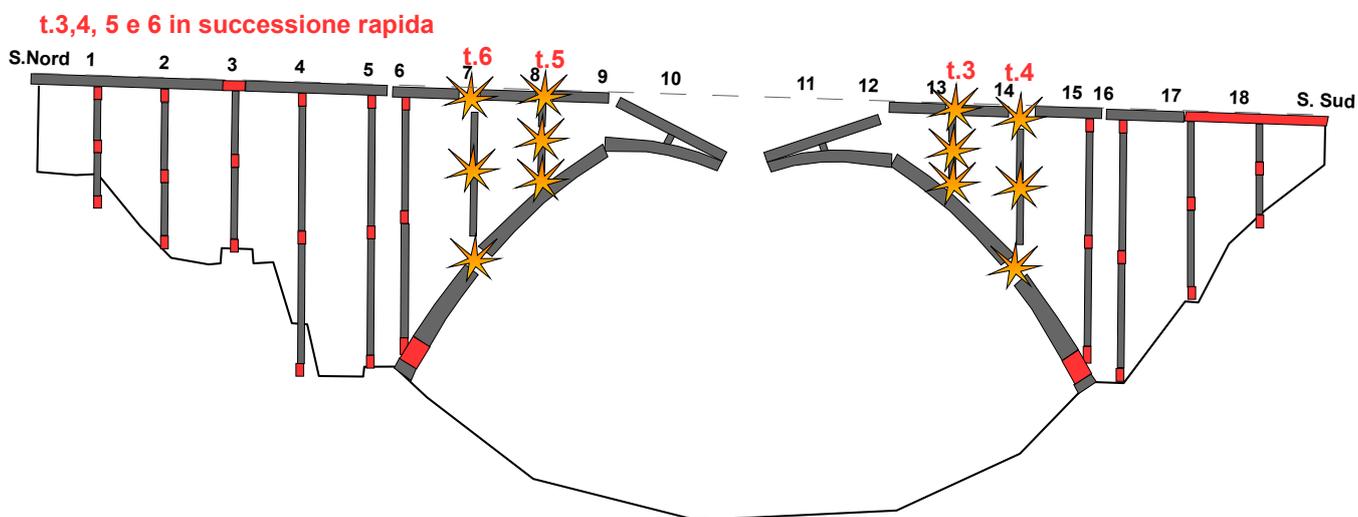
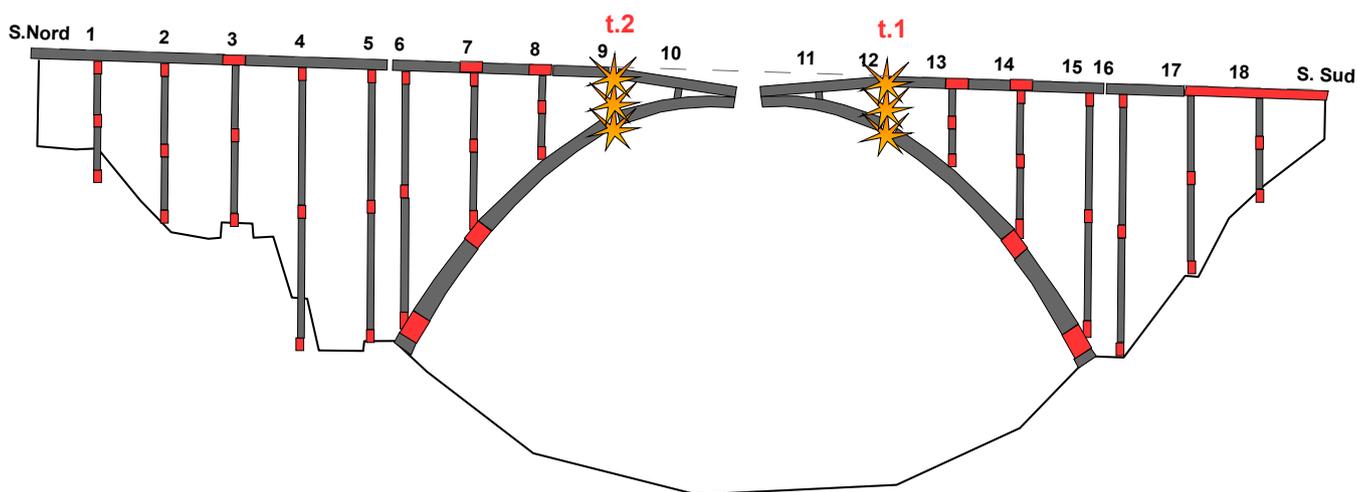
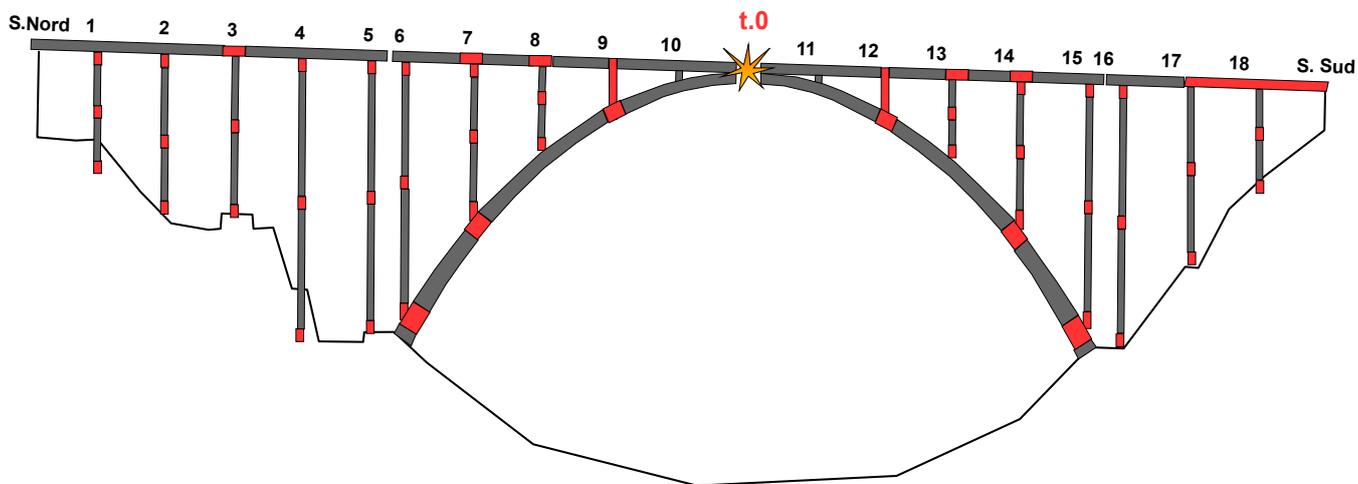
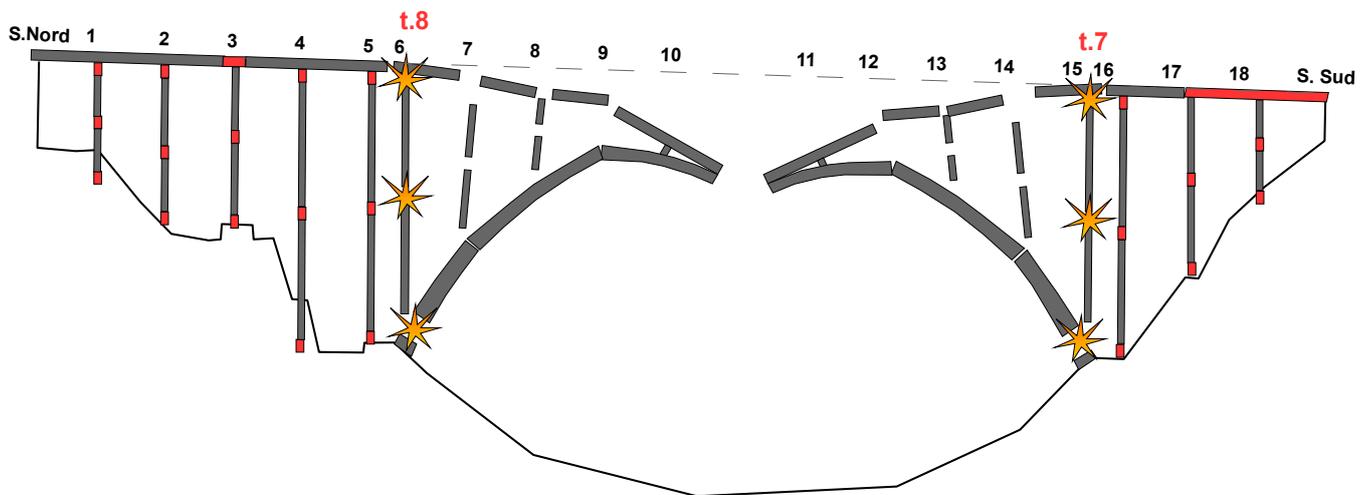
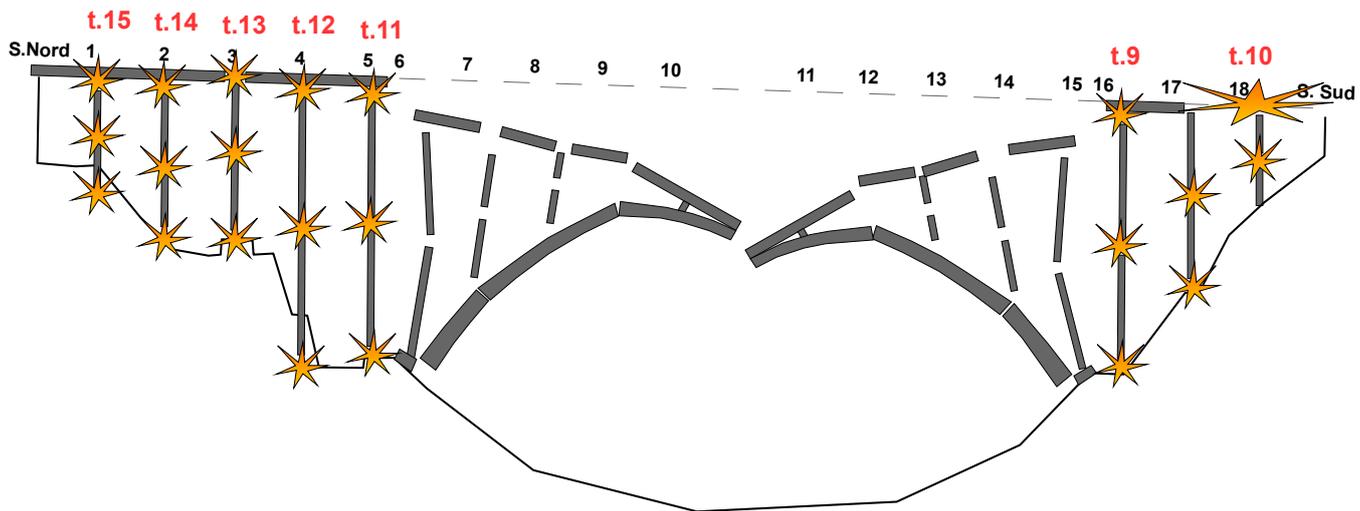


Figura 23. Schematica ricostruzione della sequenza di realizzazione delle cerniere e demolizione di segmenti di impalcato ed arco. La sequenza sarà ottenuta con un'unica volata d'abbattimento, mediante brillamento sequenziale con detonatori a ritardo.

## Progressione di brillamento e cinematismo di crollo



t. da 9 a 15 in successione rapida



prosecuzione crollo

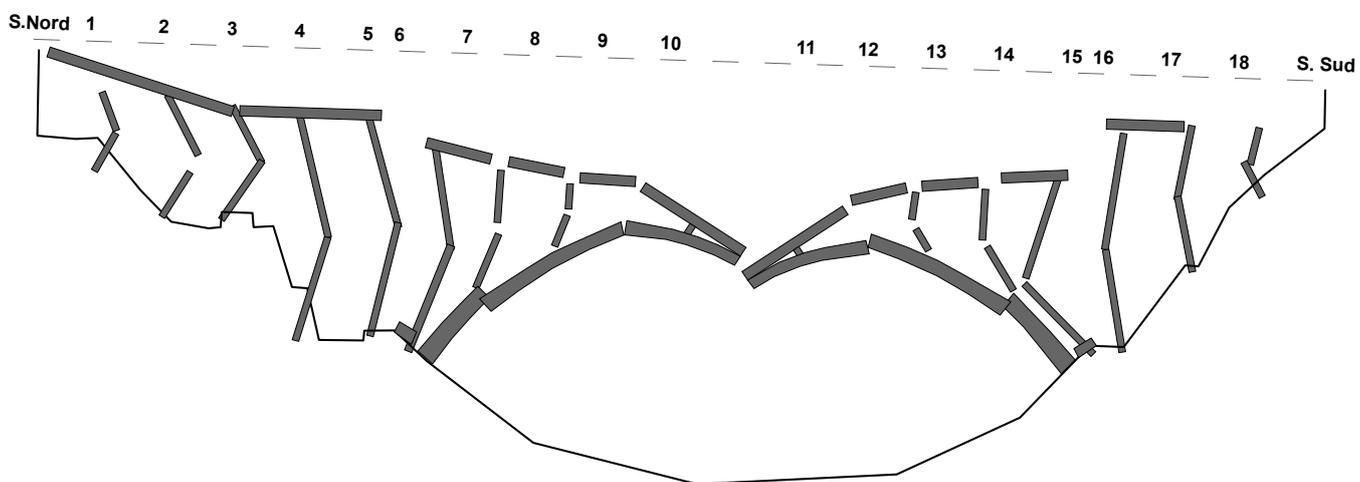
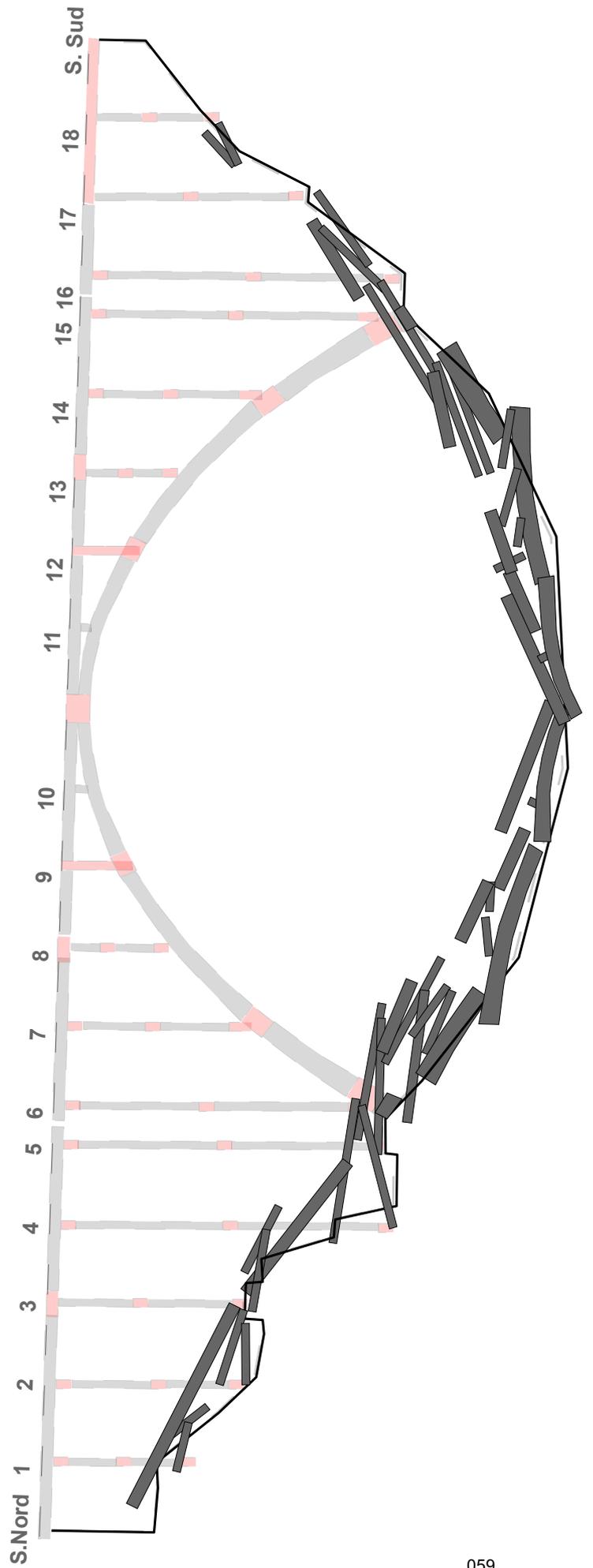


Figura 24. Progressione dell'innescò delle cariche e del conseguente crollo, in sequenza dell'ordine dei secondi).

Figura 25. Schematica ricostruzione della struttura disarticolata a terra.



## **ALLEGATO 5: TIPOLOGICO PER SISTEMA DI MONITORAGGIO SISMICO**

# SISMOGRAFO SM

## Centralina di monitoraggio onde sismiche e di sovrappressione in aria portatile.

Robusto contenitore in alluminio a tenuta d'acqua per l'operatività in qualsiasi condizione di tempo. Può registrare sino a 340 eventi di 1 secondo.

L'SM è una centralina di monitoraggio onde sismiche e di sovrappressione in aria portatile, compatta, robusta, economica ed affidabile. Per la sua semplicità d'uso, robustezza, affidabilità e basso costo, è diventata, in breve tempo, la più diffusa centralina di monitoraggio in Italia. È dotata di manuali in italiano, sia dell'hardware che del software.

Ideale per il monitoraggio continuativo di vibrazioni e rumore generati da attività di cava, traffico, macchinari ecc.. Consente il riscontro della conformità alla normativa internazionale ed Italiana sulle vibrazioni ammissibili (UNI 9916, DIN 4150-3, UNI 9614, ecc.). Fornisce il tracciato sismico-acustico richiesto dalla "Circolare 577/PAS/12982D(22) del 29-08-2005" di attuazione della recente legislazione antiterrorismo".

L'uso è semplice. La predisposizione per la misura può essere fatta direttamente in sito. I dati acquisiti possono essere letti immediatamente sul display a cristalli liquidi e successivamente trasferiti ad un PC via cavo seriale (RS 232) per l'elaborazione e stampa. La possibilità di trasferimento dati via modem o via GSM rende agevole la consultazione da postazione remota (es. ufficio), risparmiando il tempo necessario per l'invio del personale sul posto.

### MANUTENZIONE

SM è uno strumento robusto e non richiede particolari manutenzioni. L'uso prolungato con temperature al di sotto dello zero potrebbe accelerare il processo di usura della batteria.



ACCESSO RS-232 per scaricare le registrazioni direttamente al pc oppure con collegamento remoto via modem o gsm. Microfono per la misura dell'onda di sovrappressione aerea e velocimetro triassiale per la misura delle vibrazioni.

CENTRALINA di  
MONITORAGGIO con  
documentazione completa  
in Italiano:

### FUNZIONAMENTO

I trasduttori (geofono e microfono), dopo essere stati posizionati, sono collegati alla centralina di acquisizione mediante spinotti dall'alluminio. Il collegamento accende automaticamente lo strumento che inizia così la misurazione. La registrazione di un evento è effettuata solo quando i valori misurati superando una prestabilita soglia d'allarme detta "trigger", conservando la misura anche per i 0,5 s o per 1,0 s precedenti all'istante di trigger. Ultimata la registrazione lo strumento effettua un controllo sui trasduttori per verificarne il corretto funzionamento e posizionamento, quindi continua la misurazione riarmandosi per la successiva registrazione (tempo di riarmo 50 ms).

In caso di misurazione oltre le 84 ore senza il superamento della soglia d' allarme, e quindi senza registrazione, lo strumento effettua automaticamente un controllo sui trasduttori per verificarne il corretto funzionamento e posizionamento (test di auto-calibrazione). I test di calibrazione sono conservati in memoria, a conferma dell'avvenuta misurazione senza superamento della soglia di trigger. Per varie esigenze di misura sono disponibili prolunghe dei cablaggi o trasduttori con sensibilità da 16x sino a x0,25 (con fondoscala fino a 2000 mm/s), o altri tipi di sensori (spostamento, accelerazione, ecc.). La misura può essere impostata anche a cadenze prestabilite, variabili

sino ad intervallo di secondi nella modalità a grafico a barre, con indicazione del valore massimo in un prestabilito intervallo di tempo.

### **CERTIFICAZIONI**

CE certificato di conformità alla normativa Europea in campo d'attrezzature elettriche. Certificato di calibrazione del microfono e del geofono. Le calibrazioni annuali della stazione di monitoraggio SM sono effettuate nel laboratorio autorizzato XXX. I tempi necessari per la calibrazione sono pari a 4 h.

<b>CARATTERISTICHE TECNICHE</b>	
<b>GENERALE</b>	
<b>Numero di canali</b>	4 di cui uno acustico e 3 sismici
<b>Memoria</b>	a stato solido con i sommari di tutte le misure, impostazioni, dati registrati mantenuti ad alimentazione spenta. Batteria di backup al litio.
<b>Modo time</b>	per l'accensione e lo spegnimento automatico dello strumento nella giornata
<b>Display</b>	a cristalli liquidi ad alto contrasto, due linee da 40 caratteri
<b>Tastiera</b>	5 tasti per settaggio e comando
<b>Batteria</b>	interna da 6 Volt, per 7÷10 giorni di monitoraggio (possibile il collegamento a batteria esterna e/o pannello fotovoltaico)
<b>Temperature operatività</b>	-15°C a +50°C (con le basse temperature si riduce la durata della batteria)
<b>Dimensioni e peso</b>	20 x 10 x 6,5 cm per circa 2 kg
<b>Immagazzinamento dati</b>	Un massimo di 340 forme d'onda sono immagazzinate nella memoria a stato solido con orario e data degli eventi, numero di serie dello strumento e data di calibrazione.
<b>Unità di misura</b>	Sistema Internazionale metrico o Imperiale
<b>Durata della registrazione</b>	da 1 a 24 secondi, in funzione della Frequenza di campionamento, con memorizzazione pre-trigger di 0,5 o 1,0 secondi
<b>Frequenza di campionamento</b>	standard da 512 o 1024 cps per canale (su richiesta da 32 a 2048 cps per canale, con estensione di memoria)
<b>Porta seriale RS 232</b>	per trasferimento dati ed impostazione diretta da PC o remota via modem/GSM
<b>Baud Rate</b>	da 1.200 a 38.400 bps
<b>ONDE SISMICHE</b>	
<b>Trasduttori</b>	Velocimetri
<b>Risposta in frequenza</b>	da 3 a 400 Hz con scostamento 2% (su richiesta con scostamento 2% sino ad 1 Hz)
<b>Sensibilità</b>	modello x0,25 pari a 1 mm/s (fondo scala 2000 mm/s); modello x1 pari a 0,25 mm/s (fondo scala 500 mm/s); modello x2 pari a 0,125 mm/s (fondo scala 250 mm/s); modello x4 pari a 0,0625 mm/s (fondo scala 125 mm/s); modello x8 pari a 0,0313 mm/s (fondo scala 63 mm/s)
<b>Ambito di registrazione (selezionabile dall'utente)</b>	modello x2: fondo scala 65 - 127 mm/s; modello x8: fondo scala 15- 32 e 65 mm/s.
<b>Soglia d'allarme sismico - trigger</b>	modello x2: da 0.25 mm/s    modello x8: da 0.063 mm/s
<b>SOVRAPPRESSIONE AEREA</b>	
<b>Trasduttore</b>	microfono con sensore ceramico – fondo scala a 160 dB
<b>Frequenza di campionamento</b>	da 32 a 1024 cps
<b>Ambito di registrazione (selezionabile dall'utente)</b>	100 - 142 dB; 106 - 148 dB
<b>Soglia di allarme acustico</b>	da 106 a 148 dB

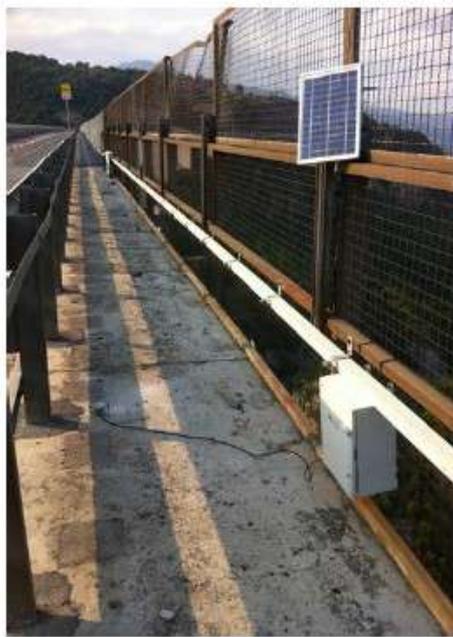
# MONITORAGGIO CONTINUATIVO

## *Monitoraggio continuativo onde sismiche e di sovrappressione aerea con accesso da remoto*

### **Descrizione**

È un servizio di monitoraggio continuativo, in remoto tramite rete GSM, per controllo, riscontro ed analisi. Ciascuna stazione di monitoraggio è installata in un punto significativo della struttura da controllare, all'interno o all'esterno, con alimentazione da rete o da pannelli solari, ed è collegata con i server via modem GSM. La stazione misura in continuo le onde sismiche (componente verticale, orizzontale e trasversale della velocità di vibrazione) e le onde di sovrappressione aerea (valore lineare di sovrappressione), registrando solo quegli eventi che superano i valori limite predefiniti

Le registrazioni sono scaricate con cadenza opportuna e conservate presso i server per il trattamento dei dati. Se richiesto è possibile installare una scheda esterna di controllo in modo che questa invii messaggi di testo ad una lista di numeri di telefono, dando notizia, in tempo reale, del superamento del valore di soglia.



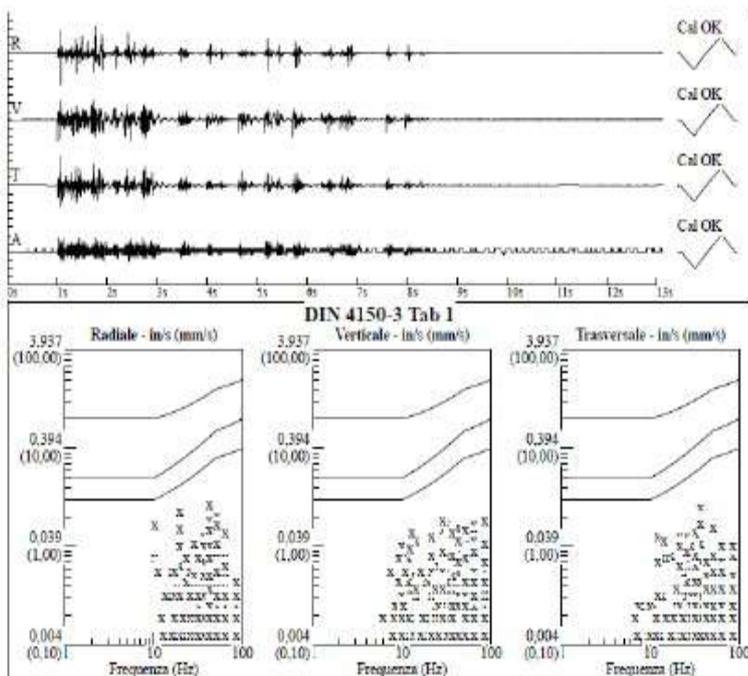
Con il servizio di monitoraggio continuativo è possibile:

- Monitorare vibrazioni e onda di sovrappressione aerea prodotte da esplosioni, attività industriali o traffico e verificarne la rispondenza alle norme di riferimento
- Verificare, da postazione remota, la reale entità dell'impatto indotto dalle vicine attività di cava, di scavo gallerie, di infissione pali o paratie, ecc., in strutture delicate da salvaguardare o, semplicemente, in manufatti residenziali o condomini che potrebbero essere disturbati da queste attività;
- Migliorare gli strumenti di indagine ed ottimizzare le fasi lavorative evitando adozione di fattori di sicurezza esagerati;
- Permettere l'ubicazione spaziale della sorgente sismica con la tecnica della triangolazione (con almeno tre stazioni);
- Monitorare la stabilità di versanti (scarpate in roccia o in terra a rischio o incombenti sull'abitato);
- Fornire un avviso di allarme via SMS ad una lista di distribuzione predefinita, in caso di inizio di registrazione di eventi;
- Monitorare cinematici negli ammassi ed eventi tellurici;
- Valutare, immediatamente dopo l'occorrenza dell'evento, i possibili effetti indotti su manufatti ed impianti, per l'efficace pianificazione e progettazione di eventuali interventi di risanamento mirati e correttamente dimensionati.

Gli eventi registrati dalle stazioni di monitoraggio vengono scaricati frequentemente e salvati su server per ridurre la possibilità di perdite di dati.

I dati vengono elaborati e riscontrati secondo la normativa di riferimento (DIN4150-3 tab1, UNI9600, ecc..) ed con cadenza mensile viene redatto un rapporto di monitoraggio che riporta il riassuntivo di tutte le registrazioni, l'analisi dettagliata di quelle maggiormente significative e la rispondenza alle norme.

Tale rapporto viene inviato al cliente in forma cartacea con affrancatura a data certa e, su richiesta del cliente, inviata per e-mail in formato PDF.



## **ALLEGATO 6: FASI DELLA DEMOLIZIONE CON ESEMPI DI INTERVENTI REALIZZATI**



Foto 30. Sbarramento trasversale al ponte da demolire, per l'interdizione dell'accesso ai non addetti ai lavori. Cartellonistica di cantiere.



Foto 31. Linee di vita (es. sull'arco), anche con funzione di parapetto. Accesso sull'arco facilitato da scale realizzate con traversi di legno fissati a cavo d'acciaio (facilmente removibili prima dello sparo del ponte).



Foto 32.a e “b” Demolizione meccanica preliminare della soletta (demolizione di componenti non rilevanti per l'assetto statico, per favorire la realizzazione delle cerniere. Mezzi d'opera radiocomandati, personale in fune di vita.



Foto 33.a e "b" Demolizione meccanica preliminare.



Foto 34.a. e "b". Taglio a diamante delle solette in calcestruzzo armato: tagliamuro (sopra) e tagliasuolo (sotto).



Foto 35.a. e "b". Perforazione fori da mina su arco e travi, con carri di perforazione idraulici radiocomandati.

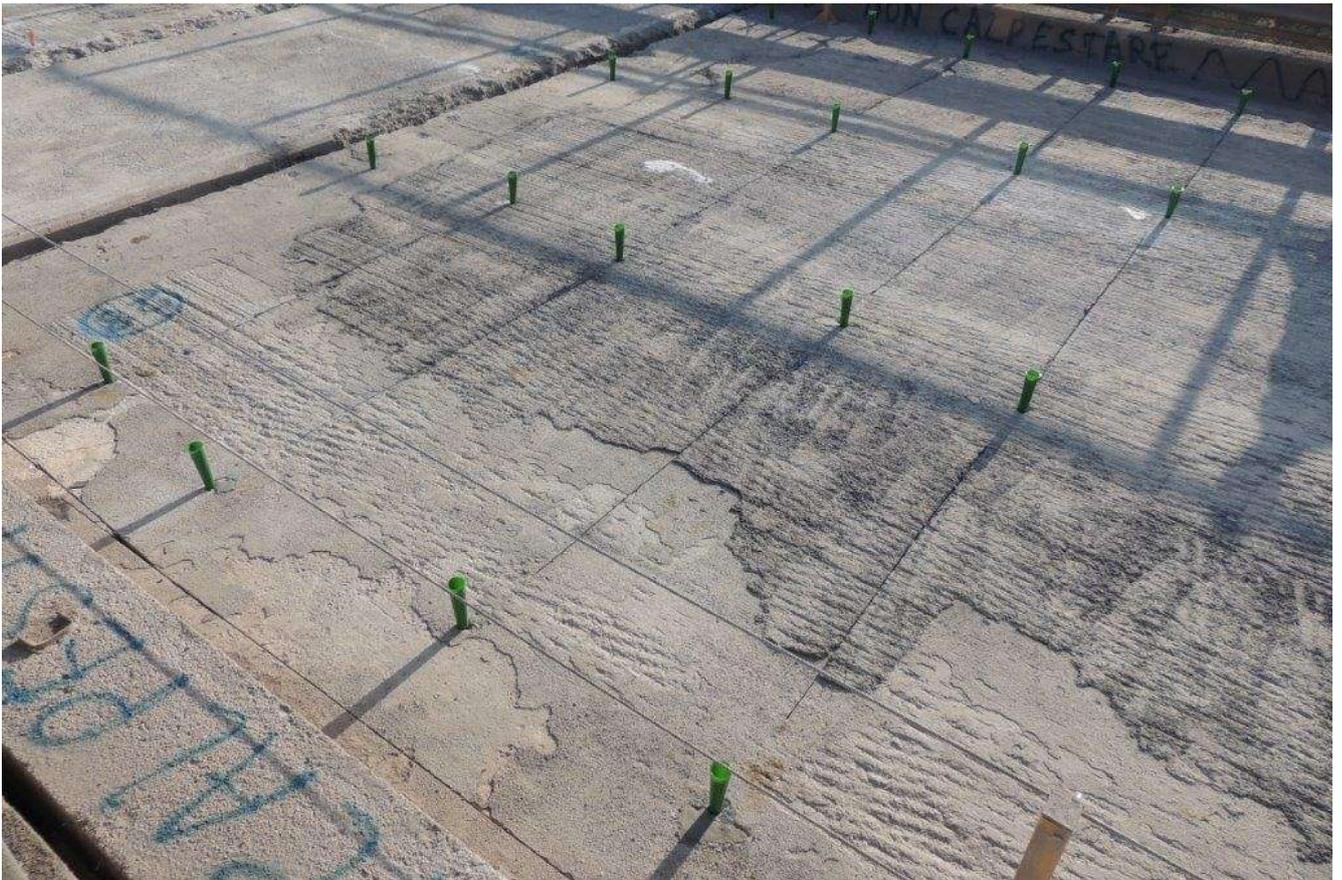


Foto 36. Fori da mina nelle travi (e taglio soletta a disco diamantato). I fori sono stati protetti da coni in plastica (verdi). Configurazione finale del ponte (pronto per il brillamento).



Foto 37. a. e “b”. Perforazione fori da mina sull'arco, con carotieri a diamante. Il personale accede all'arco con imbragatura, assicurato alla linea di vita. La perforazione delle camere di scoppio cilindriche consente l'inserimento delle cariche per l'asportazione del calcestruzzo su ampie fasce d'arco per l'innescò delle cerniere e la demolizione di segmenti di arco.



Foto 38. a. e “b”. Perforazione fori da mina sulle stilate, da navicella sospesa, vincolata ad una trave zavorrata posta sull'impalcato (foto “a”). Mediante questo sistema è possibile perforare le stilate a qualsiasi altezza, anche sull'arco, la dove l'utilizzo di piattaforme aeree non sarebbe possibile per la impassibilità di stazionamento sul sedime. La perforazione è effettuata con martelli elettrici a rotopercussione o pneumatici.



Foto 39. Posa di reti di funi d'acciaio tessute a maglia stretta, per contenimento del lancio di frammenti di calcestruzzo abbattuto (es. con linee elettriche aeree a breve distanza).

# RETI

## in funi d'acciaio

*per il contenimento integrale del lancio di frammenti di roccia e di frammenti metallici*



### **Descrizione**

Si tratta di una rete, a maglia fitta di funi d'acciaio, utilizzata come cortina di protezione per i frammenti proiettati all'intorno dalle esplosioni.

La rete è realizzata in corda continua di trefoli d'acciaio ad alta resistenza, Ø16mm o Ø19mm. La trama consente lo sfogo dei gas d'esplosione bloccando ogni frammento solido, anche quelli metallici. La rete oppone una minima resistenza ai gas d'esplosione e così non viene spazzata, contrariamente a quanto avviene con protezioni realizzate con copertoni o con lastre continue (es. "pannelli").

La rete è fornita in vari formati e è predisposta con asole per la movimentazione.



### **Applicazioni**

La rete, trova il suo campo di applicazione come cortina di protezione, in ogni attività dove il personale o gli impianti devono essere protetti da proiezioni ad elevata energia di frammenti solidi:

- abbattimenti controllati con esplosivi in prossimità di strade, di case, impianti
- processi di fabbricazione di prodotti potenzialmente esplosivi (settore chimico, farmaceutico, aerospaziale, in genere);
- processi con rischio di protezioni per rotture meccaniche;
- demilitarizzazione di ordigni;
- protezione per attentati dinamitardi.

### **Dimensioni e materiali standard**

Dimensioni:

430 cm x 430 cm	kg 1600	cod. X 000 164
300 cm x 300 cm	kg 900	cod. X 000 151
240 cm x 300 cm	kg 600	cod. X 000 158
120 cm x 210 cm	kg 190	cod. X 000 163

Materiale: corda in trefolo di filo di acciaio

Scheda 40. Scheda tiop di reti di funi d'acciaio tessute a maglia stretta, per il contenimento integrale del lancio di frammenti di calcestruzzo demolito dalle cariche esplosive.

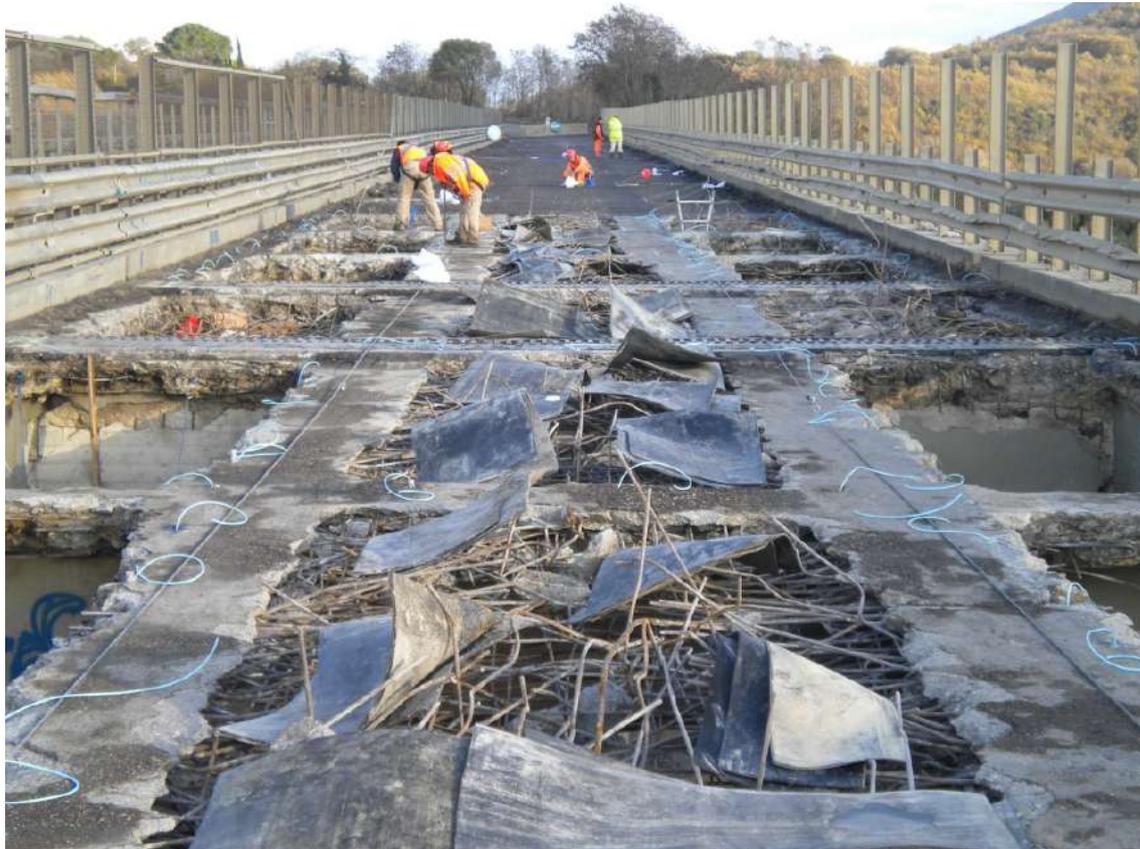
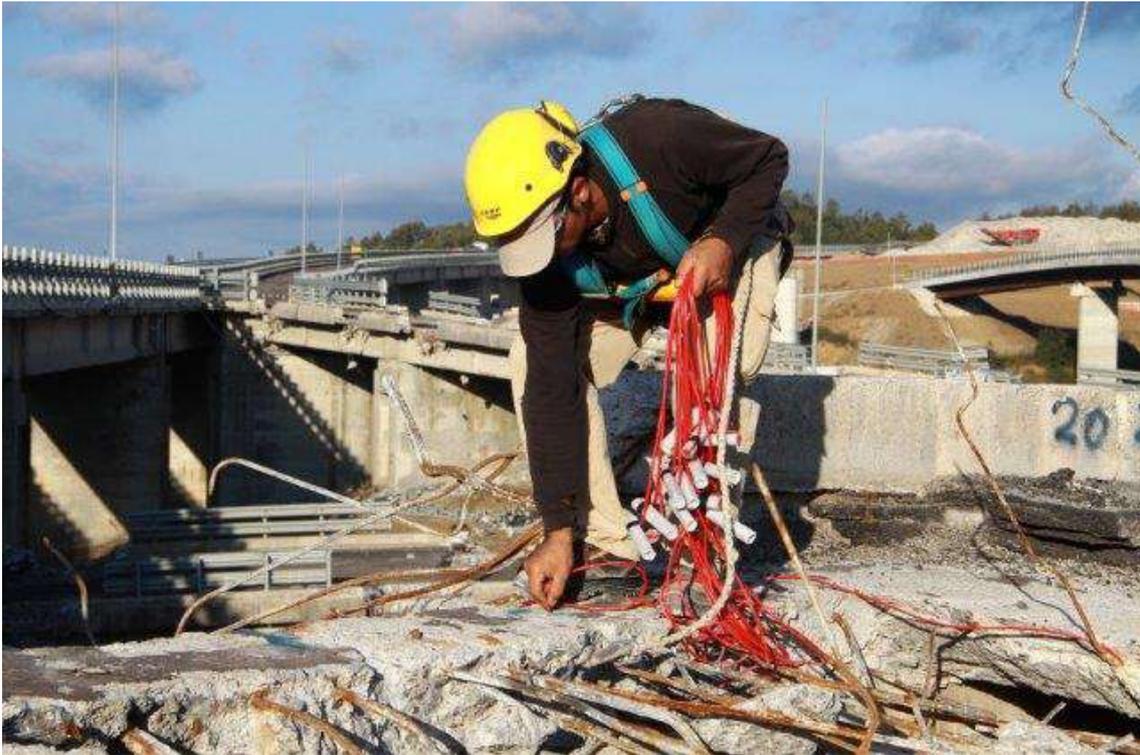


Foto 41. Caricamento dei fori da mina. Le smorze sono introdotte nelle camere di scoppio.



Foto 42. Sparo (particolare di un arco).



Foto 43.a. e “b” Sparo (particolare di pile), e relitto del ponte (a terra – nel caso di demolizione di una delle due carreggiate di un viadotto analogo al Rialto).



Foto 44.a. e "b". Demolizione meccanica del relitto a terra.

## ALLEGATO 7: VIBRAZIONI



Figura 45.a. Vibrazioni transienti sulle strutture di dimensioni inferiori alla lunghezza d'onda dell'impulso sismico (sollecitazioni conseguenti alle forze d'inerzia).

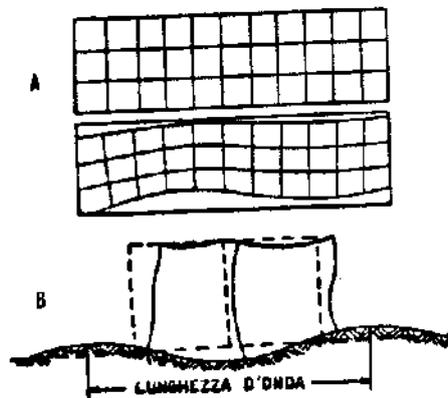


Figura 45.b. Vibrazioni prolungate sulle strutture di dimensioni confrontabili alla lunghezza d'onda dell'impulso sismico (sollecitazioni per forze d'inerzia e spostamenti differenziali).

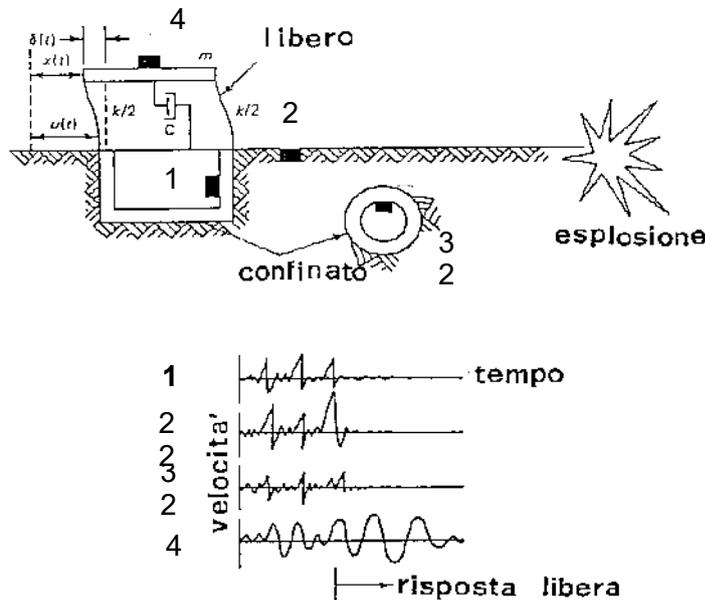
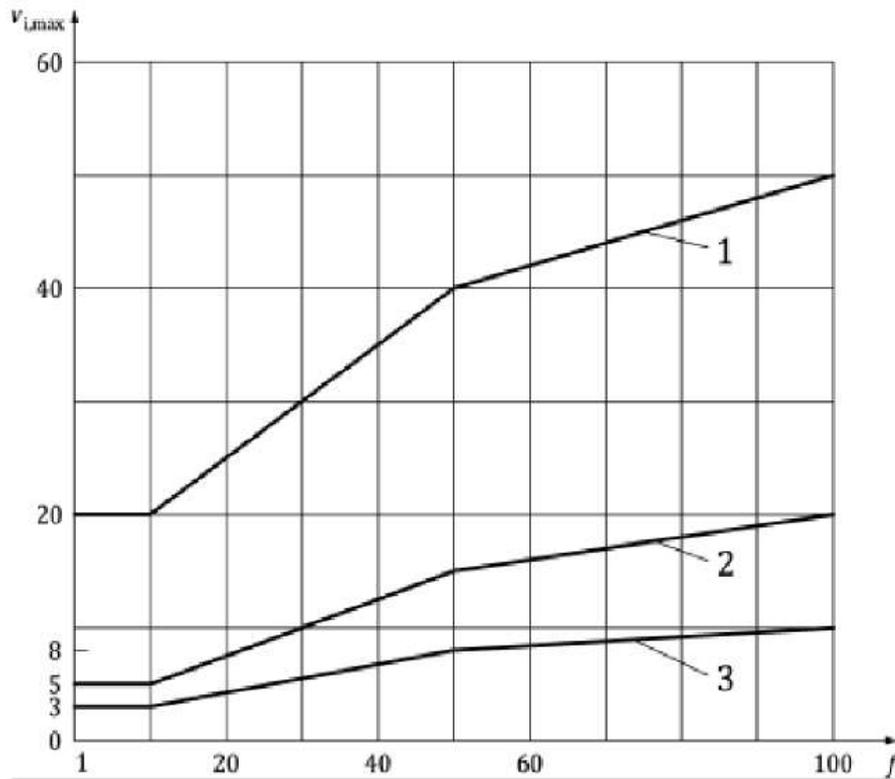


Figura 45.c. Effetto delle vibrazioni prolungate. Differente risposta al transitorie sismico di strutture con vari gradi di libertà perché in elevazione o interrato.

**Tabella 1 - Valori di riferimento per  $v_{i, \max}$  per la valutazione dell'effetto sugli edifici <sup>21</sup> delle vibrazioni transitorie**

-	Fattispecie di costruzione	Valori di riferimento per $v_{i, \max}$ in mm/s				
		Fondazione, tutte le direzioni, $i = x, y, z$ frequenze			solaio più in alto, orizzontale, $i = x, y$	solaio, verticale, $i = z$
		da 1 Hz a 10 Hz	da 10 Hz a 50 Hz	da 50 Hz a 100 Hz <sup>a</sup>	tutte le frequenze	tutte le frequenze
Colonna Riga	1	2	3	4	5	6
1	Edifici utilizzati per scopi commerciali Edifici industriali e similmente strutturati	20	da 20 a 40	da 40 a 50	40	20
2	Edifici residenziali e simili per modalità costruttive o d'uso	5	da 5 a 15	da 15 a 20	15	20
3	Edifici i quali, a causa della loro particolare vulnerabilità alle vibrazioni, non rientrano nelle fattispecie di cui alle righe 1 e 2, e necessitano di particolari tutele (ad es. sono sottoposti a tutela beni culturali)	3	da 3 a 8	da 8 a 10	8	20 <sup>b</sup>
NOTA Anche se si osservano i valori di riferimento secondo la riga 1, colonne da 2 a 5, non è possibile escludere un danno lieve.						
a Per frequenze superiori a 100 Hz, è possibile utilizzare i valori di riferimento per 100 Hz.						
b Deve essere rispettato quanto riportato nel secondo capoverso del paragrafo 5.1.2.						



**Legenda**

- 1 riga 1
- 2 riga 2
- 3 riga 3
- f* Frequenza (Hz)
- v<sub>i,max</sub>* Valore di picco della velocità di vibrazione (mm/s)

**Figura 1 - Rappresentazione grafica dei valori di riferimento in fondazione della tabella 1**

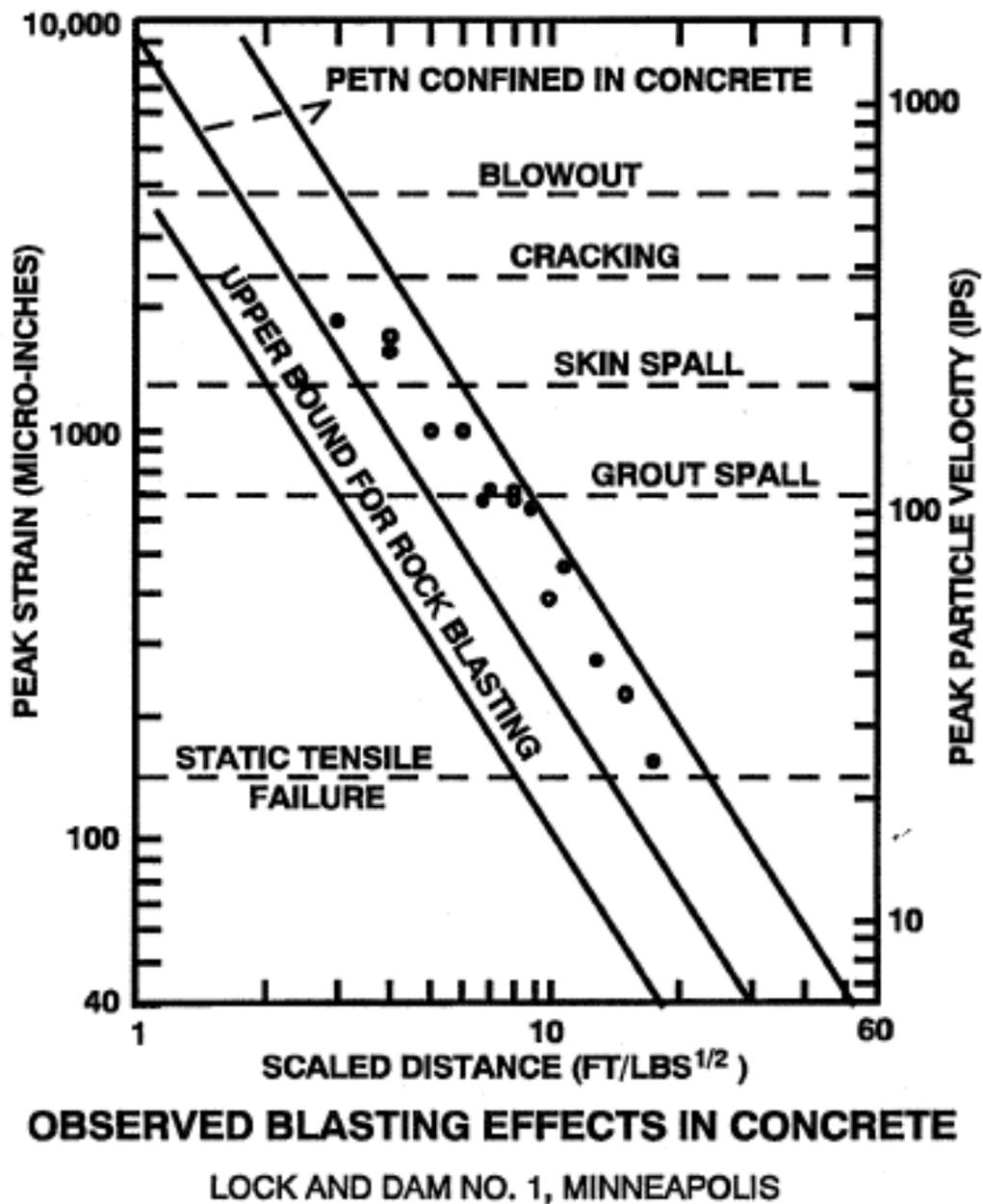
Figura 47.a. Grafico dei valori di riferimento in fondazione come da tabella 40.

**Tabella 2 - Valori di riferimento per *v<sub>i,max</sub>* per la valutazione dell'effetto di vibrazioni transitorie sul rivestimento di cavità sotterranee**

Riga	Materiale componente il rivestimento	Valori di riferimento per <i>v<sub>i,max</sub></i> in mm/s ortogonale al rivestimento
1	Calcestruzzo armato e calcestruzzo proiettato, rivestimento conci prefabbricati	80
2	Calcestruzzo, pietra naturale	60
3	Muratura	40

NOTA I valori di riferimento indicati sono stati determinati durante lavori di abbattimento con esplosivi a ridosso e si applicano al rivestimento di costruzioni sotterranee. Tuttavia, non si applicano alle loro installazioni.

Tebella 47.b. Valori di riferimento per velocità di oscillazione per le condutture interrato [DIN 4150-3].



**Figure 6-5.**

Figura 48. Valori di soglia della velocità di vibrazione indotta in strutture in cls per vari effetti indotti [Oriard, Effects of Vibrations and Environmental Forces, Guide for the Investigation of Structures, printed by International Society of Explosives Engineers, 1999].

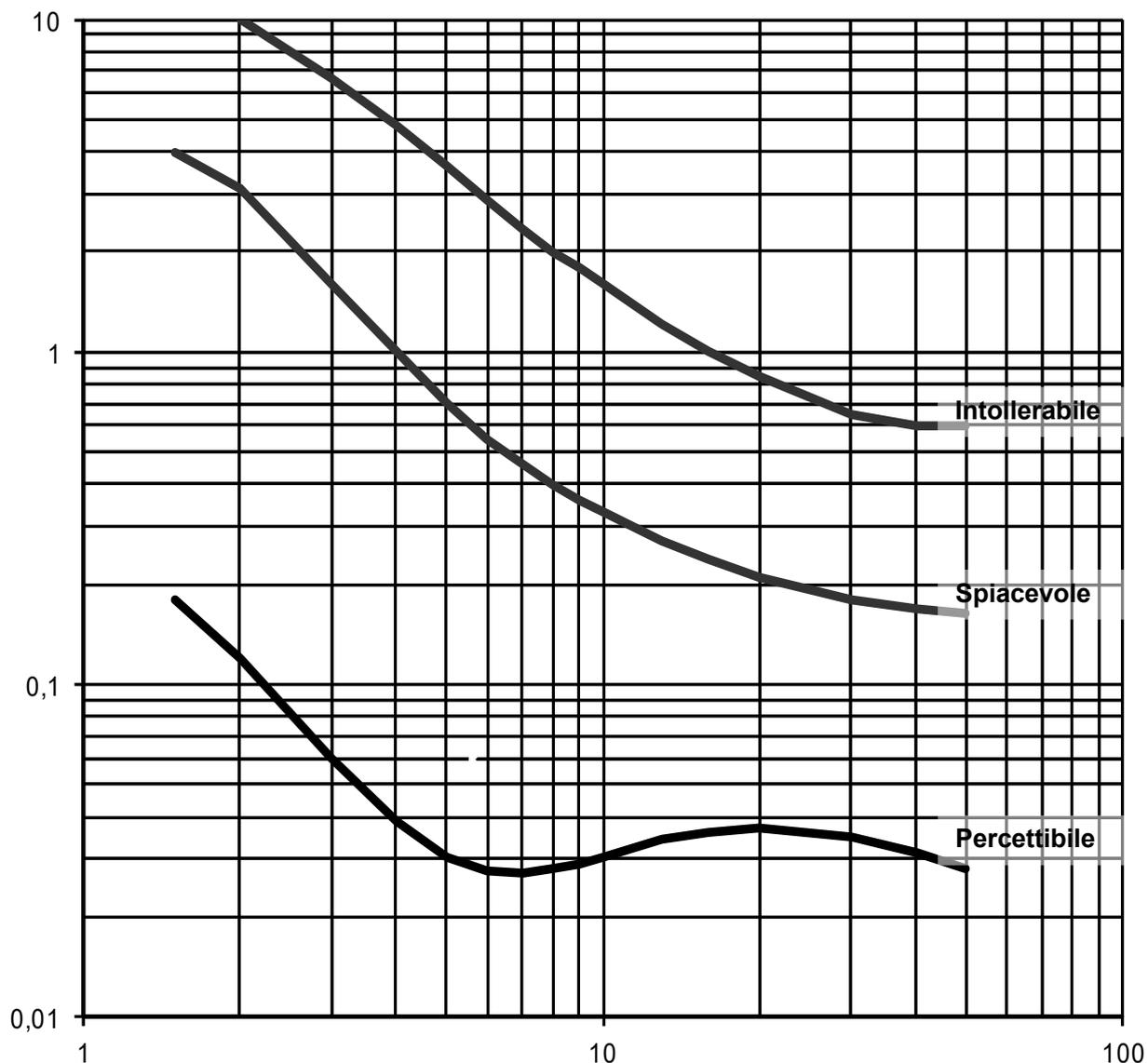


Figura 49.a. Risposta del corpo umano ad un moto vibratorio [Goldmann, 1948]

Prospetto II  
Valori e livelli limite  
delle accelerazioni  
complessive ponderate  
in frequenza  
validi per l'asse  
z

	a m/s <sup>2</sup>	L dB
aree critiche	5,0 10 <sup>-3</sup>	74
abitazioni (notte)	7,0 10 <sup>-3</sup>	77
abitazioni (giorno)	10,0 10 <sup>-3</sup>	80
uffici	20,0 10 <sup>-3</sup>	86
fabbriche	40,0 10 <sup>-3</sup>	92

Prospetto III  
Valori e livelli limite  
delle accelerazioni  
complessive ponderate  
in frequenza  
validi per gli assi  
x e y

	a m/s <sup>2</sup>	L dB
aree critiche	3,6 10 <sup>-3</sup>	71
abitazioni (notte)	5,0 10 <sup>-3</sup>	74
abitazioni (giorno)	7,2 10 <sup>-3</sup>	77
uffici	14,4 10 <sup>-3</sup>	83
fabbriche	28,8 10 <sup>-3</sup>	89

Tabella 49.b. Valori e livelli limite delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza [UNI 9614].  
086

## **ALLEGATO 8: ABBATTIMENTO POLVERI E MONITORAGGIO**



Foto 50. Esempio di cannone nebulizzatore per l'abbattimento delle polveri.

## SCHEMA di PRODOTTO

### MONITORAGGIO DI ARIA E POLVERI

La soluzione "xxx" permette il monitoraggio e misurazione continui di otto parametri per il controllo della qualità dell'aria, tra cui il particolato, i gas e gli odori. XXX ha stretto una collaborazione con XXX per fornire la gamma di stazioni di qualità dell'aria "Cairnet", si tratta di stazioni completamente integrate nel nostro servizio di monitoraggio ambientale gestito con XXX.

XXX con XXX è un approccio pratico al monitoraggio della qualità dell'aria ad un minimo costo rispetto alle apparecchiature similari. Questa soluzione, inoltre, non richiede grandi spazi esterni o frequenti sopralluoghi per la calibrazione e la manutenzione.

Le misure effettuate rispondono ai requisiti della direttiva europea 2008/50 / CE. Le prestazioni, oramai collaudate, garantiscono dati utili quasi impossibili da ottenere in ambienti esterni con dispositivi a prezzo simile.

L'apparecchiatura è di piccole dimensioni, portatile e facilmente movimentabile. L'uso di pannelli solari e la comunicazione dati mobile rendono il sistema completamente autonomo. Inoltre, la manutenzione richiesta è minima pur trattandosi di apparecchiatura affidabile tale da garantire la precisione di misurazione necessaria per la maggior parte delle applicazioni.

I dati sulla polvere e sulla qualità dell'aria sono perfettamente integrabili. XXX offre la funzionalità di reportistica combinata in modo univoco con rumore, rumore direzionale, vibrazioni del suolo e condizioni meteorologiche all'interno di un'unica piattaforma in cloud. Inoltre, il sistema è di facile utilizzo essendo un servizio completamente gestito con abbonamento mensile.



## IMPIEGO E CARATTERISTICHE

### IMPIEGO

#### Costruzioni e cave

- Misurazioni combinate di rumore, vibrazioni e polvere con misurazioni sempre più rilevanti di biossido di azoto e monossido di carbonio

#### Produzione di energia

- Polvere per i trasporti, manipolazione e combustione di carbone, biomassa e altre fonti di carburante
- Dai prodotti di combustione di carbone e petrolio quali anidride solforosa e biossido di azoto

#### Acque reflue e impianti di compostaggio

- L'odore causato dall'idrogeno solforato e dai mercaptani in concentrazioni anche basse può causare fastidio alle comunità circostanti

#### Impianti di produzione

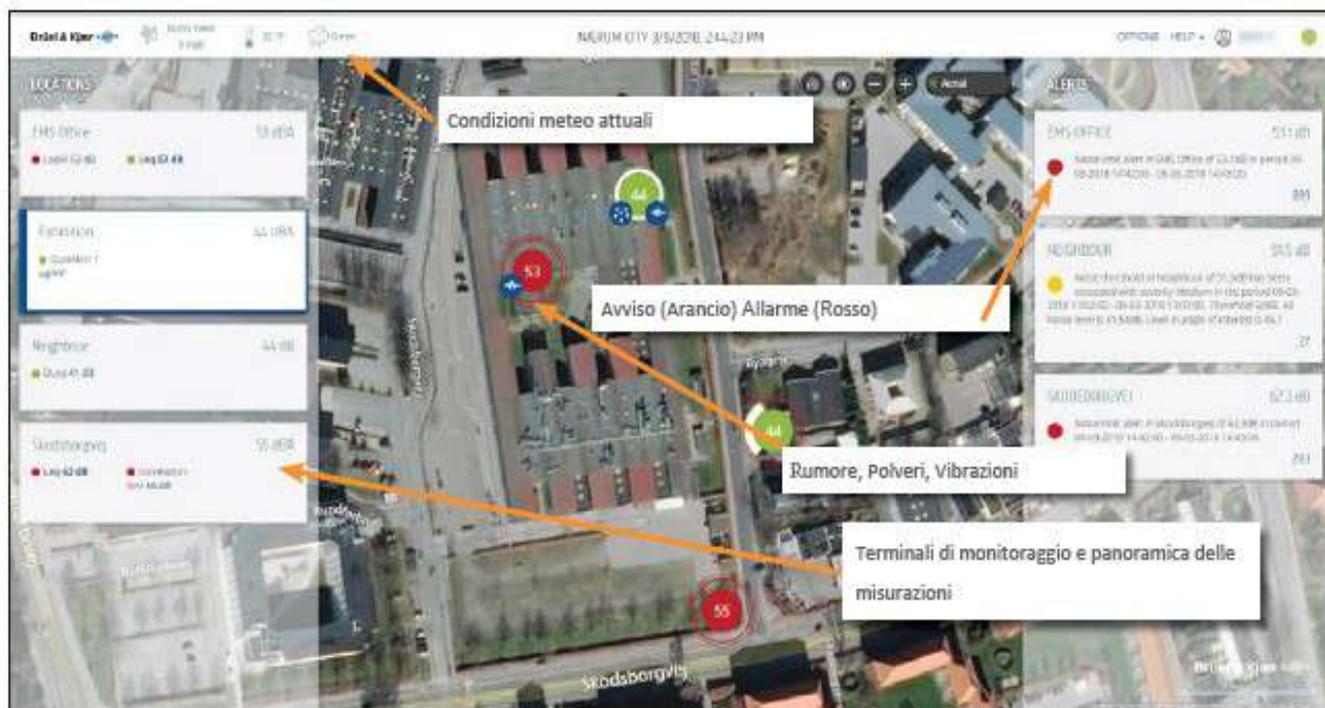
- Vari impianti di produzione rilasciano sostanze inquinanti nell'atmosfera circostante come la produzione di vernici, impianti chimici, raffinerie di petrolio.

### CARATTERISTICHE

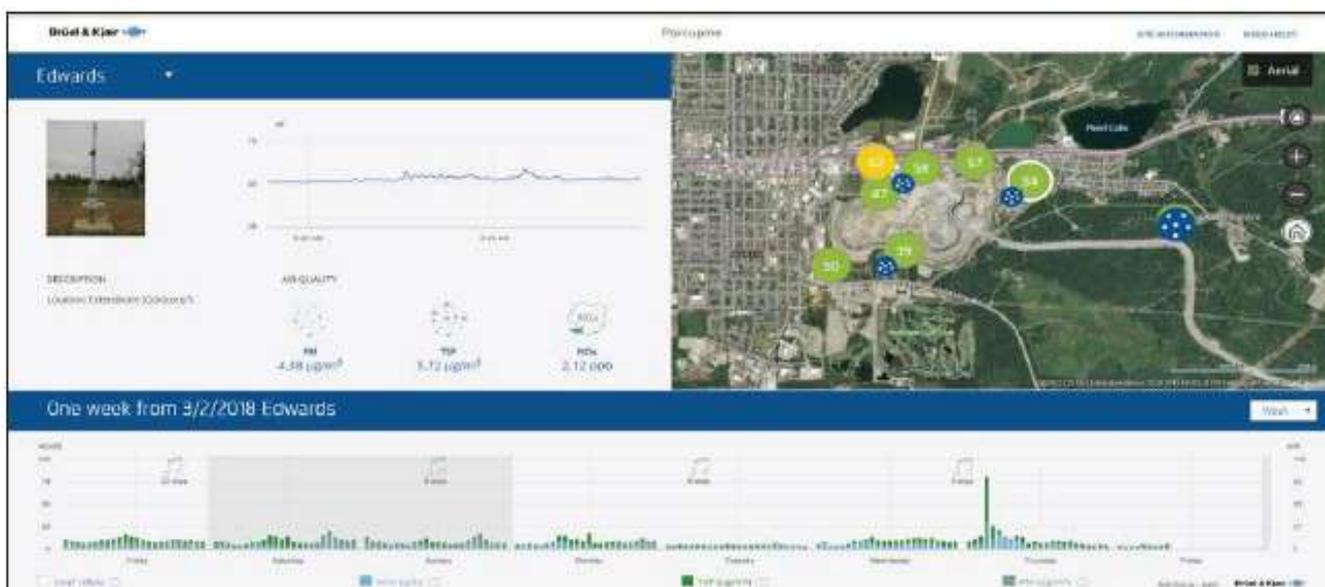
- Monitoraggio combinato di rumore, vibrazioni, polvere e qualità dell'aria da un unico fornitore
- Funzionamento completamente autonomo ad energia solare e reti mobili digitali.
- Misura accurata
- Alta sensibilità per catturare odori a basso livello di concentrazione
- Flessibilità di scelta tra 8 diverse misurazioni di gas e polvere e possibilità di cambiare durante il monitoraggio
- Espandibile e aggiornabile integrando il sistema con ulteriori sensori
- Base per utenti consolidata
- Molto facile da ri-configurare e riposizionare quando il sito da monitorare cambia
- Poca manutenzione e basso costo

## VISUALIZZAZIONE DEI PARAMETRI PER POLVERE E QUALITA' DELL'ARIA

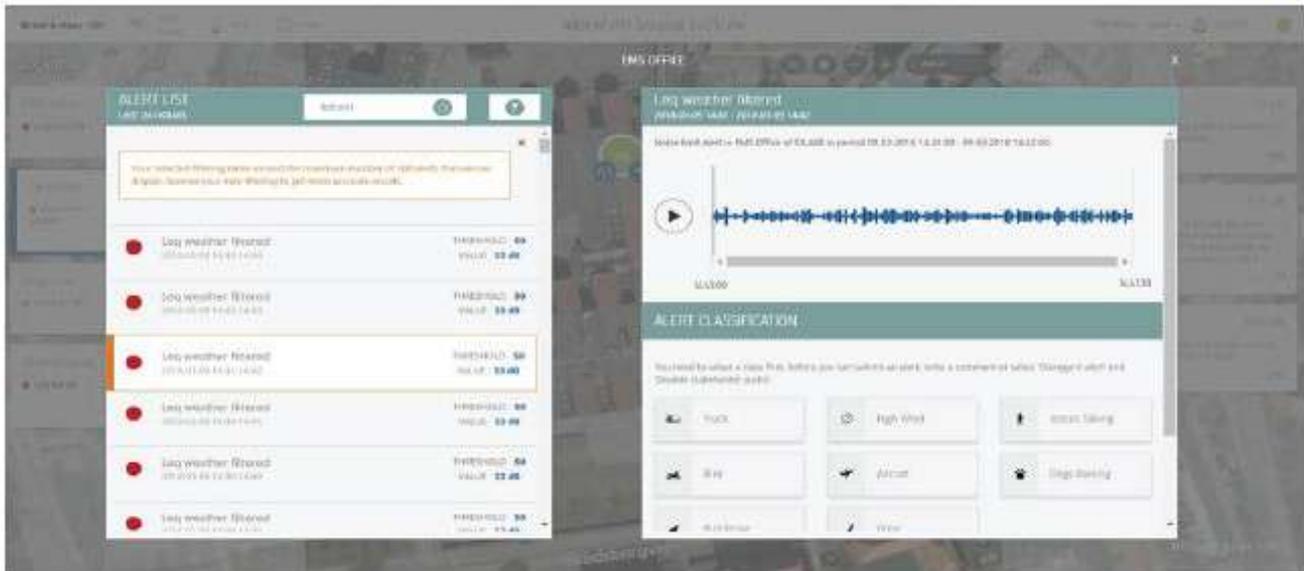
XXX consente all'utente di gestire i dati relativi alla polvere e alla qualità dell'aria in modo simile al rumore. Nell'applicazione Controllo in "REAL TIME", le posizioni di misurazione della qualità della polvere e dell'aria sono contrassegnate da un'icona. I livelli attuali sono visibili nelle caselle a sinistra e nel punto di monitoraggio. Eventuali superamenti del livello di "allert" o violazione sono mostrati a destra.



La recente cronologia delle misurazioni dei livelli registrati nell'arco di diverse ore è disponibile. Ciò consente all'operatore di vedere le tendenze e determinare se esiste un problema di qualità dell'aria o di avviare delle azioni di mitigazione della polvere come può essere lo smorzamento. Le misurazioni vengono eseguite regolarmente, da intervalli di 1 minuto a diverse ore, a seconda della strumentazione utilizzata. Sono anche mostrate le condizioni meteorologiche.



## ALLARMI



Allarmi, rapporti di sintesi e altri dati acquisiti su polvere e qualità dell'aria sono perfettamente integrati da XXX con Microsoft® Excel®.

Utilizzando la semplice procedura guidata di configurazione dei report, l'utente può definire un report da produrre regolarmente e automaticamente inviarlo, tramite e-mail, a un elenco di distribuzione.

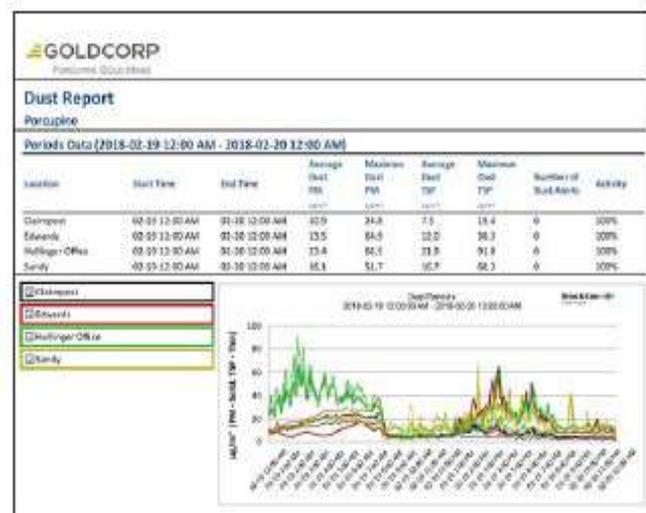
Gli utenti possono scegliere tra una vasta gamma di parametri di qualità della polvere e dell'aria e far sì che XXX presenti i dati suddivisi per posizione e ora del giorno.

I report sono disponibili in XXX e visualizzati in forma grafica o tabellare. I dati possono essere graficizzati ed esportati in altre applicazioni per la compilazione e analisi / presentazione più dettagliate.

## REPORTING

I livelli di particolato e qualità dell'aria vengono costantemente monitorati sulla base di criteri specifici. Questi di solito definiscono un livello di concentrazione fisso, sebbene XXX possa essere configurato con diverse soglie per diversi momenti della giornata o per tipologie di lavorazione, o per giorni specifici della settimana.

Se i livelli registrati superano il criterio stabilito, viene generato e mostrato un allarme nell'applicazione controllo in "REAL TIME". Gli allarmi possono attivare l'invio di un'e-mail a una lista di distribuzione definita o un messaggio di testo a telefoni cellulari specifici. Gli allarmi vengono generati entro pochi secondi dal superamento del limite, consentendo all'operatore di agire rapidamente. E' consigliato, quindi, impostare i livelli di allarme al di sotto dei livelli limite per poter intervenire prima che si verifichi una violazione. La finestra di dialogo dell'allarme mostra i dettagli di posizione, ora, livello registrato e limite della conformità.



Esempio di report per l'analisi delle Polveri

## STRUMENTAZIONE E TECNOLOGIA

Ogni dispositivo "xxx" è una stazione portatile di monitoraggio della qualità dell'aria destinata all'installazione permanente all'aperto per il monitoraggio continuo di una gamma di parametri di qualità della polvere e dell'aria.

È costituito da un involucro impermeabile che misura 37 x 23 x 20 cm che contiene fino a 4 sensori di qualità dell'aria, un modem digitale e una batteria.

Il contenitore si trova su un treppiede industriale ed è normalmente dotata di 2 pannelli solari che, in combinazione con la batteria interna, garantiscono una completa autonomia del sistema. Per il funzionamento, l'unità deve essere dotata di una scheda SIM M2M.

Poiché l'unità è completamente autonoma, l'installazione è molto semplice. L'unità viene disimballata, montata sul treppiede, i pannelli solari fissati ed il loro cavo inserito nel contenitore ed infine l'unità viene accesa. Il monitoraggio inizia immediatamente così come l'invio dei dati a xxx.



L'unità può essere configurata per misurare a intervalli regolari da 24 ore a 1 minuto ed è generalmente fornita con campionamento di 1 minuto. I dati vengono comunicati a XXX ogni 15 minuti, il che fornisce un buon equilibrio tra dati tempestivi e basso consumo energetico, anche questo parametro è comunque configurabile.

L'unità può essere montata a parete se è necessario un ingombro ridotto. All'interno di tunnel o situazioni di scarsa luminosità è disponibile una connessione di alimentazione sul lato inferiore dell'armadio.

### Misurazione dei gas

Ogni sensore di gas misura un singolo inquinante usando una metodologia amperometrica che misura la fluttuazione della carica elettronica causata dal rilevamento di ioni su un elettrodo rivestito esposto a un volume d'aria definito. I VOC vengono misurati utilizzando il rilevatore di fotoionizzazione.



Un dato volume di aria viene campionato tramite un filtro brevettato posto sul sensore elettrochimico. I risultati rilevati dal sensore vengono catturati dal microprocessore di bordo e vengono applicate delle correzioni per ridurre l'effetto dell'umidità e di altri fattori. Il filtro brevettato, combinato con correzioni analitiche, offre la massima precisione di misurazione e ripetibilità in ambiente esterno.

Con il tempo il rivestimento sulla piastra si degrada comportando la necessità di sostituire il sensore. A seconda dell'esposizione questi possono durare fino a 2 anni, tuttavia è consigliato sostituirli ogni anno.

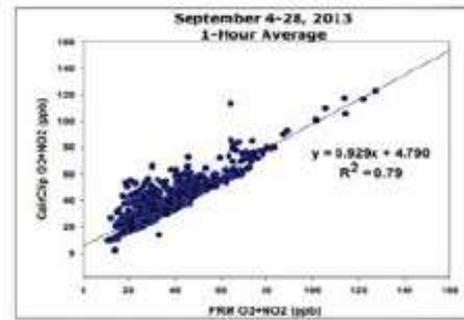
### Misurazione delle polveri

La metodologia di misurazione del particolato impiega un contatore di particelle ottiche basato sul principio della dispersione della luce. Le particelle passano attraverso un sistema ottico illuminato a laser e un fotorilevatore crea un impulso elettronico. Il conteggio degli impulsi determina quante particelle sono presenti nel campione e la forza dell'impulso si riferisce al diametro del particolato. In questo modo il segnale viene utilizzato per determinare, contemporaneamente, la concentrazione in  $\mu\text{g} / \text{m}^3$  sia di PM10 che di PM2.5.

Il dispositivo di misurazione del particolato è fisicamente diverso dai sensori di gas e si monta nella parte inferiore della contenitore. Entrambi i parametri per l'analisi del particolato contano come un unico sensore quindi, in uno strumento, c'è spazio per il sensore PM10, PM2.5 e fino a 3 altri rilevatori di gas.

## PRECISIONE

Le stazioni di qualità dell'aria "Cairnet" hanno dimostrato di essere molto accurate in condizioni reali. Esperti indipendenti, incluso il Consiglio comune europeo per la ricerca<sup>1</sup> e l'EPA<sup>2</sup> degli Stati Uniti, hanno definito la sua accuratezza molto buona se confrontata con i dispositivi di riferimento nei test di misurazione all'aperto, con eccellente linearità, buoni limiti di rilevazione ed eccellente precisione. Ulteriori studi con la NASA hanno mostrato un'ottima rispondenza con le misurazioni di riferimento.



## SERVIZIO E SUPPORTO

"Cairnet" richiede solo una manutenzione annuale. Una volta all'anno ogni sensore deve essere sostituito con uno nuovo. Richiede meno di 5 minuti per stazione e comporta la rimozione e sostituzione dei sensori esistenti ed il collegamento di un cavo USB. I sensori sostituiti possono essere inviati al produttore per essere riciclati. Il costo della sostituzione fa parte dell'abbonamento XXX.



## RILEVATORI

Sono disponibili i seguenti rilevatori. Sono disponibili fino a quattro sensori per armadio o tre più il rilevatore di particelle di polvere:

RILEVATORE		INTERVALLO		LIMITE di RILEVAZIONE
Ozono combinato e biossido di azoto *	O <sub>3</sub> /NO <sub>2</sub>	0-250 ppb		20 ppb
Diossido di azoto	NO <sub>2</sub>	0-250 ppb		20 ppb
Monossido di carbonio	CO	0-20 ppm		0.05 ppm
Idrogeno solforato / Mercaptani	H <sub>2</sub> S/CH <sub>4</sub> S	0-1000 ppb	monitoraggio odori	10 ppb
		0-20 ppm		30 ppb
		0-200 ppm		200 ppb
Ammoniaca	NH <sub>3</sub>	0-25 ppm		0.5 ppm
Diossido di zolfo	SO <sub>2</sub>	0-1000 ppb		50- ppb
Composti organici volatili non metanici	nM VOC	0-16 ppm		10 ppb
Particolato	PM <sub>10</sub> and PM <sub>2.5</sub>	0-1000 µg/m <sup>3</sup>	n/a	

<sup>1</sup> European Joint research council report EUR 26373 EN

<sup>2</sup> US EPA Report 277270

\*L'ozono e il biossido di azoto sono strettamente collegati e la valutazione combinata fornisce un quadro completo. Tuttavia, se è necessaria una valutazione dell'ozono da sola, utilizzando il sensore combinato O<sub>3</sub> / NO<sub>2</sub> e il sensore NO<sub>2</sub> XXX visualizzerà automaticamente entrambe le quantità separatamente.

## **ALLEGATO 9: DISTANZA DALL'ESPLOSIONE E ONDA DI SOVRAPPRESSIONE AEREA**

$$R_s = 0.4 * (Q/h)^{0.5}$$

<i>h (m) =</i>	<i>0.1</i>	<i>h =</i>	<i>0.2</i>	<i>h =</i>	<i>0.3</i>
<i>R<sub>s</sub> (m)</i>	<i>Q (kg)</i>	<i>R<sub>s</sub> (m)</i>	<i>Q (kg)</i>	<i>R<sub>s</sub> (m)</i>	<i>Q (kg)</i>
28	5	20	5	16	5
40	10	28	10	23	10
57	20	40	20	33	20
80	40	57	40	46	40
98	60	69	60	57	60
113	80	80	80	65	80
126	100	89	100	73	100

Tabella 56.a. Distanza limite  $R_s$  (m) dall'esplosione di una carica aerea  $Q$  oltre la quale non si ha formazione di fratture in un muro di mattoni di spessore  $h$  [Melnicov, Safety in open ..., 1974]

$$R_s = 30 * Q^{0,5}$$

<i>R<sub>s</sub> (m)</i>	<i>Q (kg)</i>
67	5
95	10
134	20
190	40
232	60
268	80
300	100

Tabella 56.a. Distanza  $R_s$  (m) dall'esplosione di una carica aerea  $Q$  (kg TNT eq.) oltre la quale si ha raramente la rottura dei vetri delle finestre [Melnicov, Safety in open ..., 1974]

<i>Ampiezza dell'onda di sovrappressione aerea (dB)</i>	<i>Effetto indotto</i>
180	POSSIBILE ROTTURA DEL TIMPANO
150	POSSIBILE ROTTURA VETRI FINESTRE
120	VIBRAZIONE DEI VETRI DELLE FINESTRE

Tabella 56.c. Effetti indotti per picco di sovrappressione aerea di varie ampiezze [Siskind et Al., Structure response and ...1980].

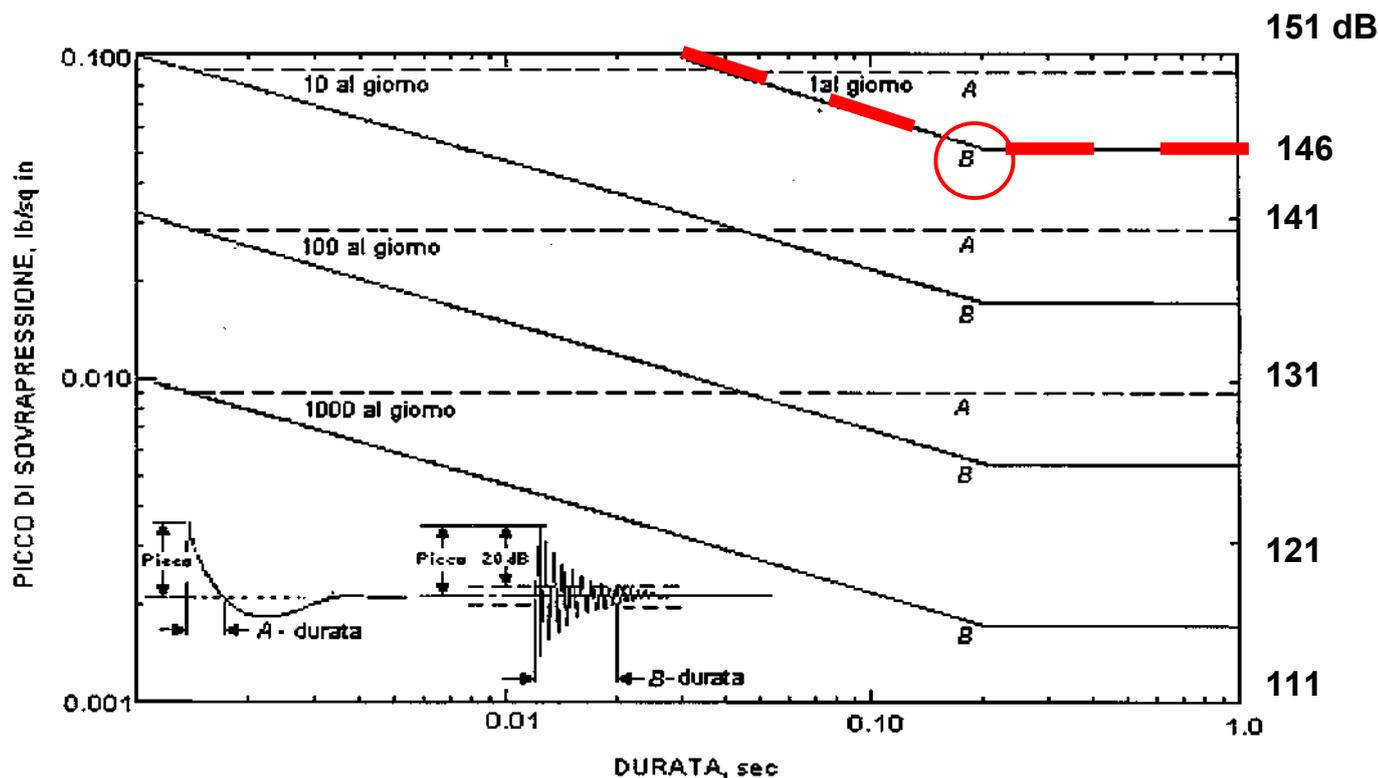


Figura 57.a. Valori di riferimento per la sopportabilità dell'onda di sovrappressione aerea stabiliti sperimentalmente dal CHBA: Committee on Hearing, Bioacoustics and Biomechanics, Washington D.C., USA [Siskind et Al., Structure response and ... 1980].

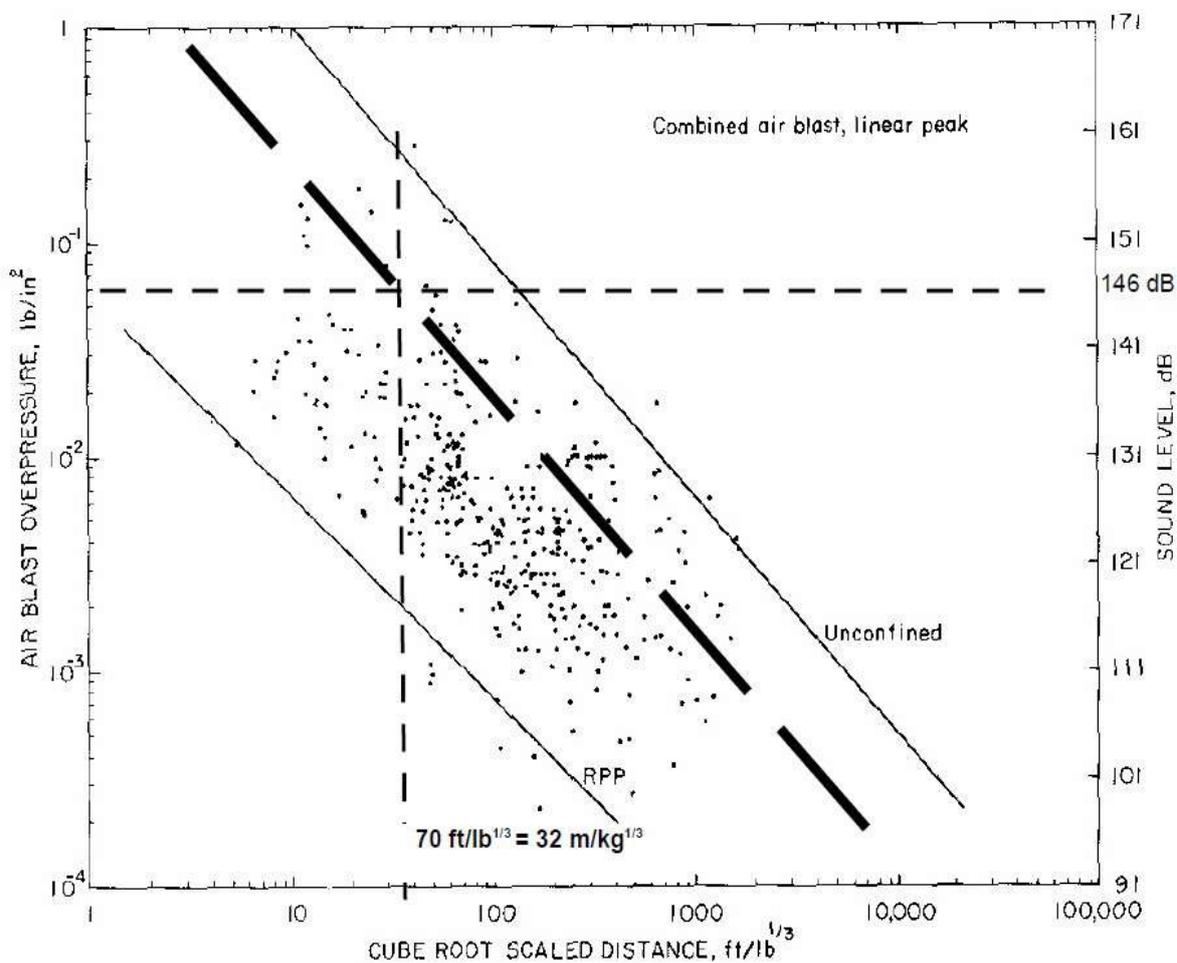


Figura 57.b. Legge di decadimento dell'onda di sovrappressione aerea al variare della distanza scalata sulla radice cubica della carica [Siskind et Al., Structure response and ... 1980].