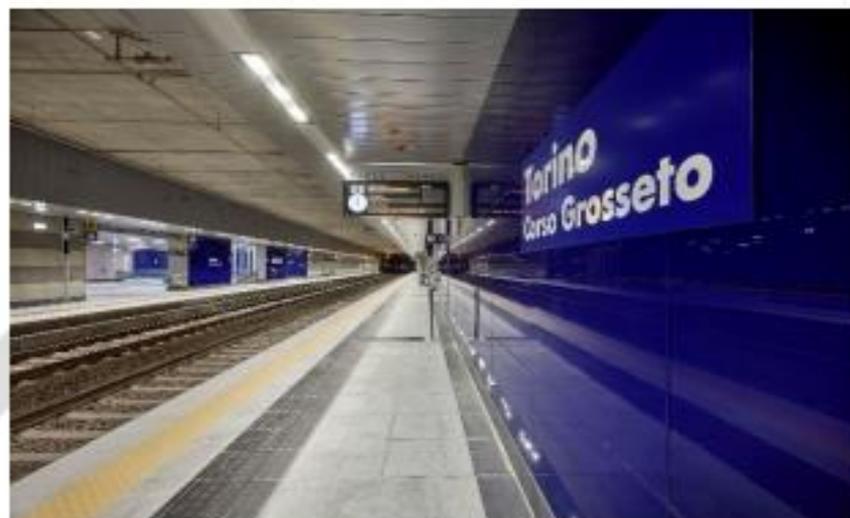


LA FERROVIA TORINO – CERES: UN'INTERCONNESSIONE VERSO IL FUTURO

Torino, 13 febbraio 2025 ore 9.00

Grattacielo Regione Piemonte – Sala Trasparenza, Piazza Piemonte 1



12.15 Manutenzione delle infrastrutture esistenti (Guido Caposio - Commissione Trasporti OIT e Politecnico di Torino)

SOMMARIO

CAP. I INFRASTRUTTURE ESISTENTI E LORO MANUTENZIONE

CAP. II CORPO FERROVIARIO ORDINARIO E MANUTENZIONE

CAP. III VIA DI CORSA E MANUTENZIONE

CAP. IV CORPO FERROVIARIO SPECIALIZZATO

CAP. V CAUSE DI DEGRADO CORPO FERROVIARIO SPECIALIZZATO

CAP. VI MONITORAGGIO DECADIMENTO REQUISITI ORDINARI

CAP. I GENERALITA' INFRASTRUTTURE ESISTENTI E LORO MANUTENZIONE

DEFINIZIONE MANUTENZIONE INFRASTRUTTURE FERROVIARIE

**ATTIVITA' TECNICO AMMINISTRATIVE ED OPERAZIONI
SUL CAMPO PER CONSERVARE O MIGLIORARE
LE CARATTERISTICHE FUNZIONALI E PRESTAZIONALI
DEL CORPO FERROVIARIO ORIGINARIO NEL PERIODO
DI VITA UTILE DI PROGETTO (VITA NOMINALE)**

**CON LE OPERAZIONI MANUTENTIVE SI DEVE
GARANTIRE ALLA SOVRASTRUTTURA E
SOTTOSTRUTTURA (ORDINARIA E SPECIALIZZATA)
LA CAPACITA' DI SOPPORTARE IL TRAFFICO
IN CONDIZIONI DI SICUREZZA E COMFORT**

POLITICHE MANUTENZIONE INFRASTRUTTURE FERROVIARIE

**MANUTENZIONE
PREVENTIVA**

- FASE PROGETTUALE*
- ESECUTIVA*
- COLLAUDATIVA*

**MANUTENZIONE
CORRETTIVA**

- INTERVENTI SU RICHIESTA O SEGNALAZIONE*
- INTERVENTI CORRETTIVI PIANIFICATI*
- INTERVENTI CORRETTIVI NON PIANIFICATI*

**MANUTENZIONE
PIANIFICATA
(ORDINARIA)**

- PERIODICA (CICLICA ANNUALE)*
- PREDITTIVA*
- SU CONDIZIONE*

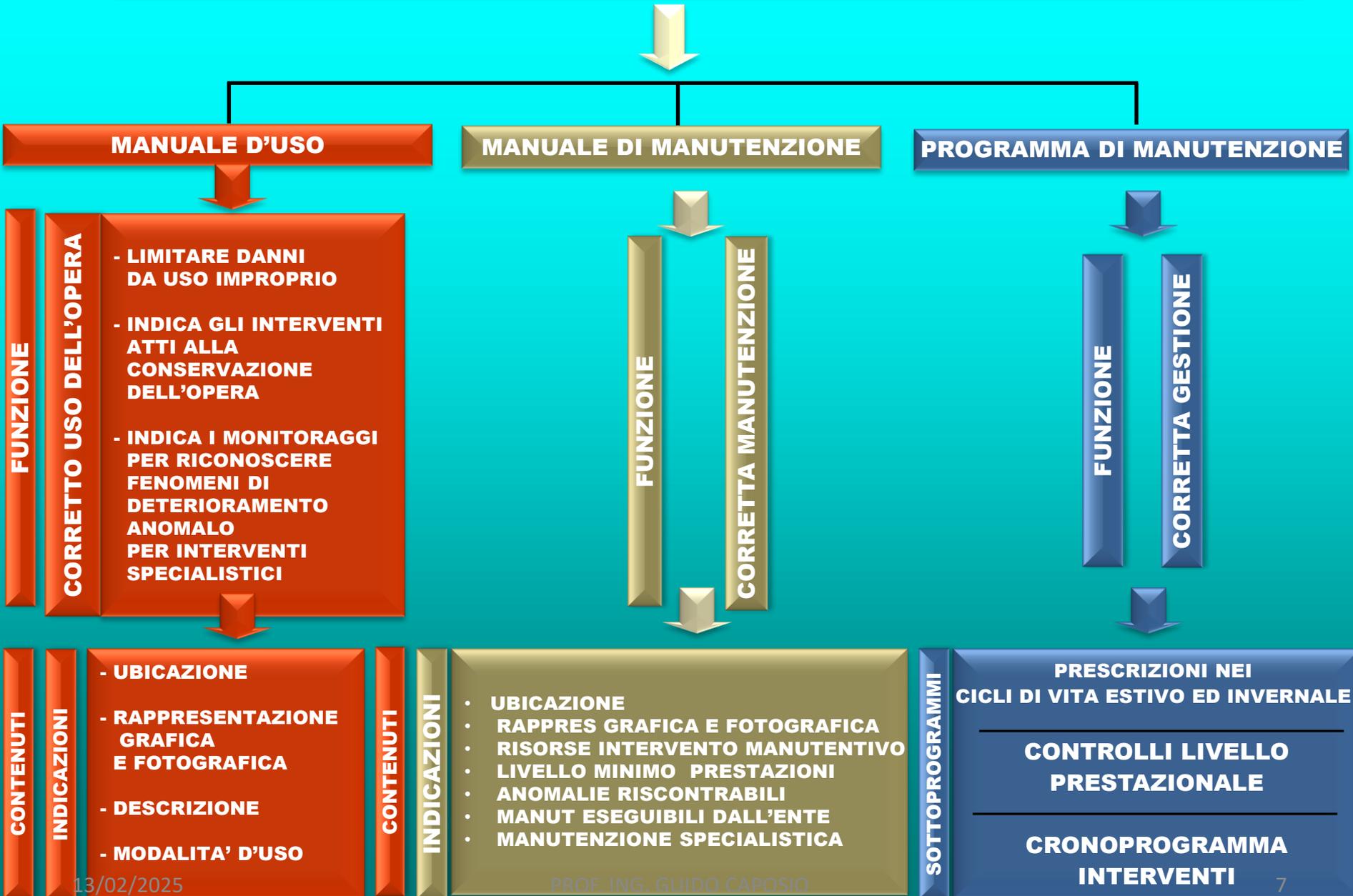
**MANUTENZIONE
MIGLIORATIVA
(STRAORDINARIA)**

- RISTRUTTURAZIONE
(NUOVA MANUTENZIONE PREVENTIVA)*

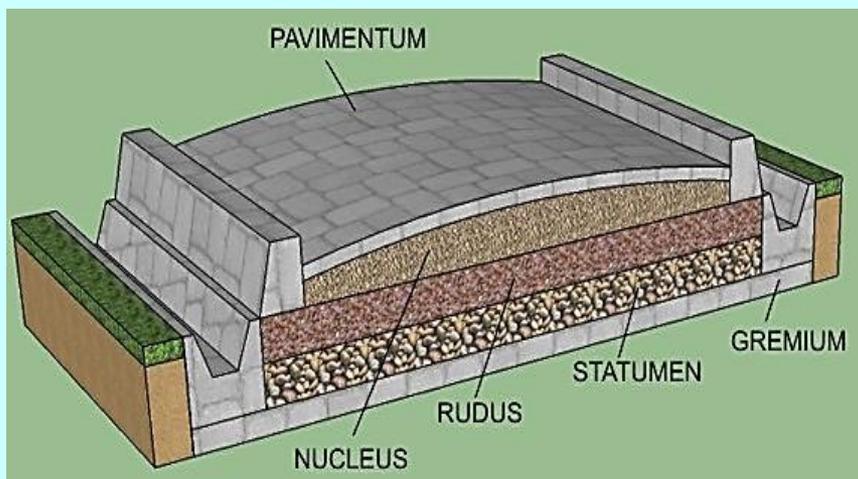
DALLA PROGETTAZIONE AL CICLO DI VITA UTILE INDICATORI DI STATO



L'ARTICOLAZIONE DEL PIANO DI MANUTENZIONE



ORIGINE E MANUTENZIONE DELLA VIA GUIDATA ROMANA



SOLCO ROMANO POMPEI 50 AC

LA GESTIONE DELLE «VIAE PUBLICAE» (CIRCA 80.000 Km) CHE AVEVANO UNA FUNZIONE SOPRATTUTTO MILITARE PRIMA CHE COMMERCIALE, ERA AFFIDATA A FUNZIONARI STATALI, I CURATORES VIARUM

PAVIMENTUM (SUMMACRUSTA) ROCCIA BASALTICA

NUCLEUS PIETRISCO E GHIAIA

RUDUS PIETRE FRAMMENTI MATTONI SABBIA CON CALCE

STATUMEN PIETRE E ARGILLA

GREMIUM GREMBO LETTO SOTTOFONDO

MANU TENERE =

CONSERVARE CON LA MANO



**CARRI PLAUSTRUM E SARRACUM
Peso trainato tra 1500 e 3000 kg⁸**

LA VIA GUIDATA IL SOLCO ROMANO DELLA VIA FRACIGENA (CH)



CAP. II CORPO FERROVIARIO ORDINARIO E MANUTENZIONE

CARATTERISTICHE FUNZIONALI INFRASTRUTTURA FERROVIARIA

**CORPO
FERROVIARIO**

ORDINARIO

- SOVRASTRUTTURA
- SOTTOSTRUTTURA

SPECIALIZZATO

- PONTI
- VIADOTTI
- GALLERIE

STAZIONI

- ORDINARIE
- INTERMODALI

**LUOGHI
SERVIZIO**

PASSEGGERI MERCÌ

MEZZI DI TRAZIONE

- CLASSE
- TIPO
- GRUPPO

ROTABILI

CLASSIFICAZIONE UIC

**SOVRASTRUTTURA
FERROVIARIA**

CORPO + ARMAMENTO

- ROTAIE E ATTACCHI
- TRAVERSE
- GIUNTI
- APPARECCHI DI BINARIO

TRAZIONE ELETTRICA

- LINEE PRIMARIE
- SOTTOSTAZIONI
- LINEE FORZA MOTRICE
- LINEE CONTATTO

SEGNALAMENTO E TC

- IMPIANTI SEGNALE
- IMPIANTI TELECOMUNICAZIONE

**SOTTOSTRUTTURA
FERROVIARIA**

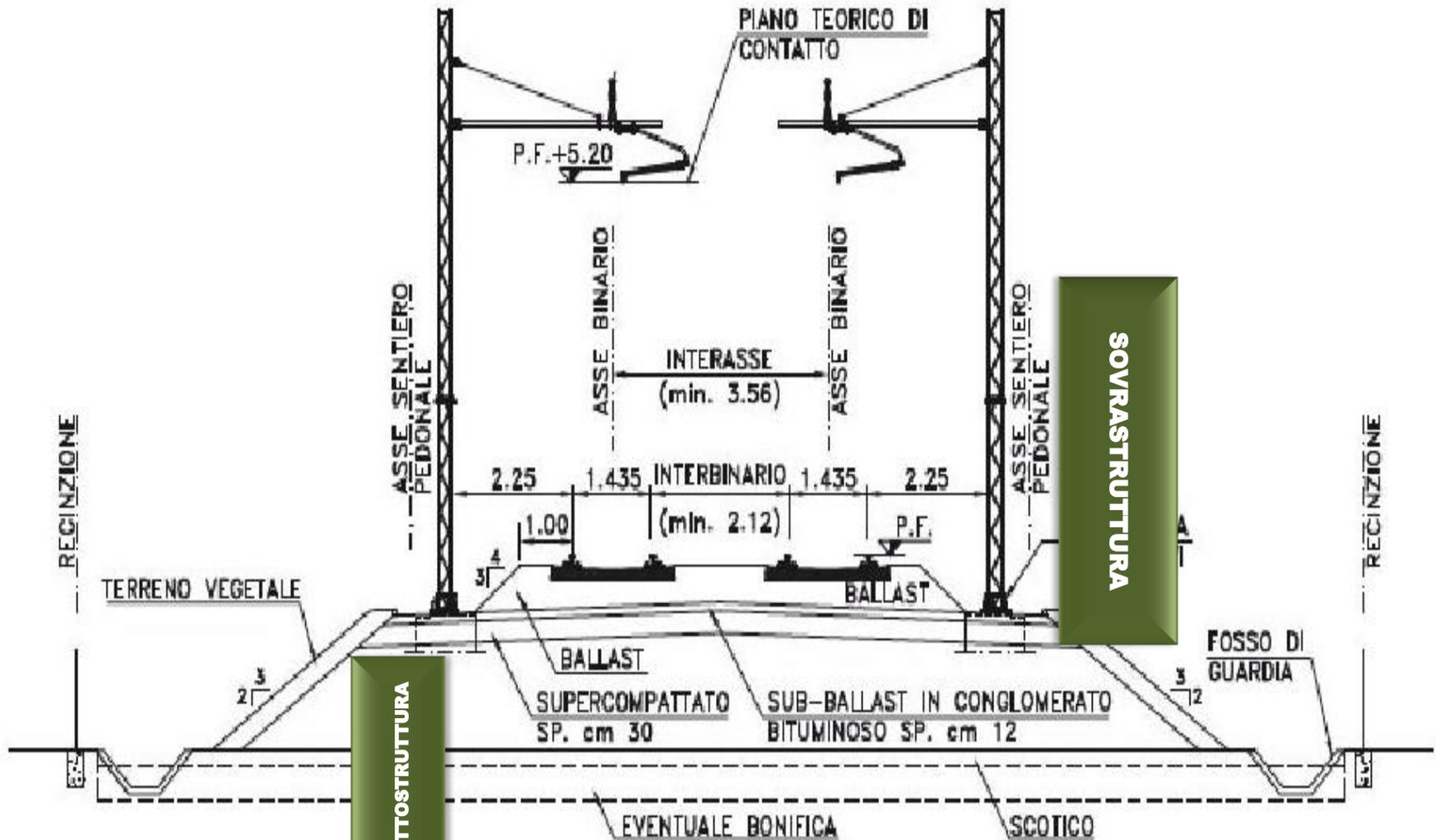
TRADIZIONALE

- PIANO BONIFICA
- RILEVATO
- TRINCEA BONIFICA
- MEZZA COSTA PARTE RILEVATO

SPECIALIZZATA

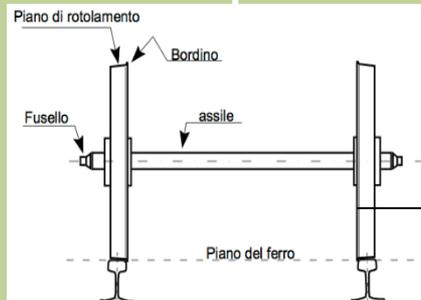
- PONTI
- VIADOTTI
- GALLERIE

SOVRASTRUTTURA E SOTTOSTRUTTURA

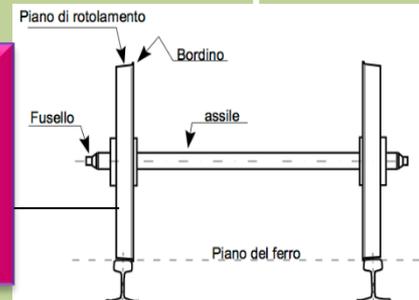


COMPONENTI SOVRASTRUTTURA

INTERASSE
3,555 m standard tradizionale
4,00 m in linea italiana
5,00 m AV in linea
4,00 m AV in stazione



INTERVIA
2,12 m standard italiano
2,50 stazione



MASSICCIATA
O
BALLAST



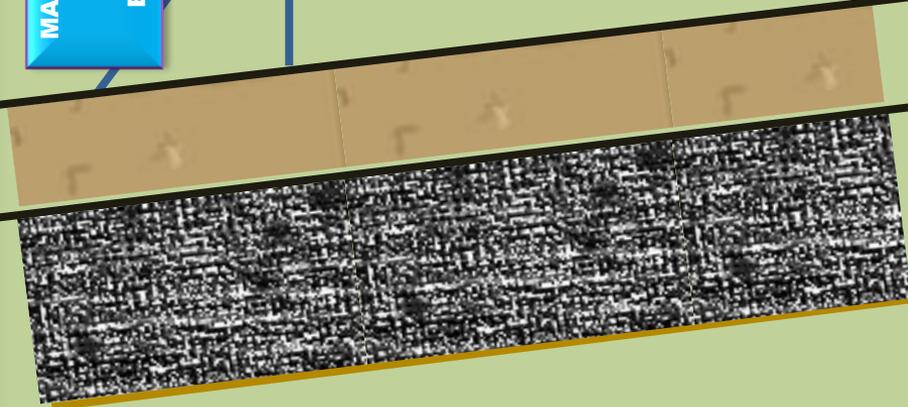
CIGLIO

UNGHIATURA

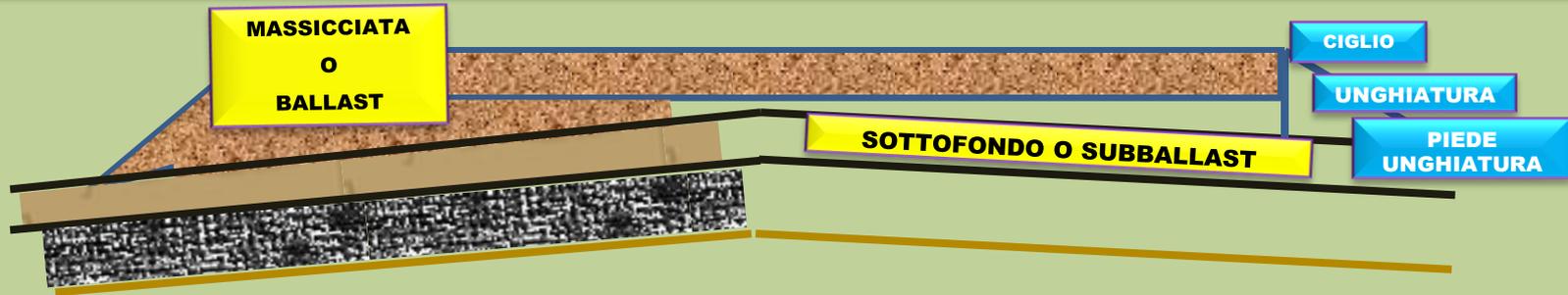
PIEDE
UNGHIATURA

SOTTOFONDO O SUBBALLAST

SUPERCOMPATTATO



SOVRASTRUTTURA CARATTERISTICHE BALLAST E SUB BALLAST



CARATTERISTICHE MASSICCIATA O BALLAST

- COEFFICIENTE D'ATTRITO INTERNO NON INFERIORE A 45°;
- DENSITÀ NON MINORE DI 1,5 T/M³;
- PEZZATURA DEL PIETRISCO, A SPIGOLI VIVI, COMPRESA TRA 3 E 6 CM;
- COEFFICIENTE DI QUALITÀ LOS ANGELES (RESISTENZA ALLA FRAMMENTAZIONE AGGREGATI GROSSI OVVERO PERDITA PERCENTUALE IN PESO RISPETTO AL PESO INIZIALE) INFERIORE A 20-25% PER LINEE NORMALI ;
- COEFFICIENTI DI QUALITÀ LOS ANGELES NON SUPERIORE A 16% PER LINEE AV/AC.

CARATTERISTICHE SUB BALLAST IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO

SPESSORE MINIMO 20 CM (MISTO CEMENTATO CARATTERIZZATO DA UN MIX DESIGN CON AGGREGATI A BASSO DOSAGGIO DI CEMENTO E RIDOTTO MODULO ELASTICO CHE CONSENTE UNA BUONA DEFORMABILITÀ);

PREGI

- BASSO COSTO DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LA MISCELA;
- MANTENIMENTO INALTERATO NEL TEMPO DELLE SUE CARATTERISTICHE DI RESISTENZA, PROBABILMENTE ANCHE MIGLIORANDOLE, PER GLI EFFETTI DOVUTI ALLA DISSOLUZIONE E CEMENTAZIONE NATURALE DEGLI ELEMENTI CARBONATICI.

PUNTO DI DEBOLEZZA

ELEVATA SENSIBILITÀ AGLI EFFETTI DEL GELO.

CARATTERISTICHE SUB BALLAST IN CONGLOMERATO BITUMINOSO

SPESSORE MINIMO DI 12 CM.

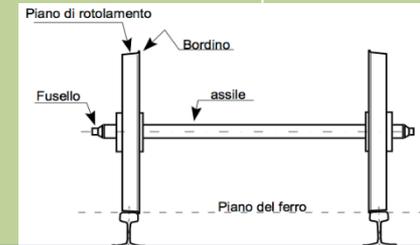
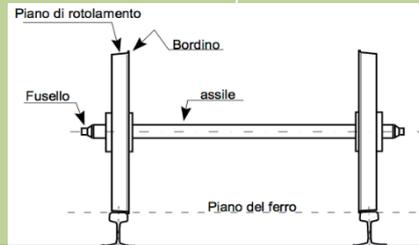
PREGI

- INSENSIBILITÀ AL GELO;
- FACILE REPERIBILITÀ DI FORNITURA;
- FACILE POSA IN OPERA E RAPIDITÀ DI ESECUZIONE CHE PERMETTE LA STESA GIORNALIERA DI GRANDI TRATTE;
- TRANSITO DEI MEZZI DI CANTIERE A BREVE TEMPO DALLA FORMAZIONE DELLA STESA;
- ADATTABILITÀ (ANCHE SU SUPERFICI NON PERFETTAMENTE UNIFORMI) AD EVENTUALI CEDIMENTI DEL SOTTOFONDO SENZA SUBIRE FESSURAZIONI, CONSERVANDO LA CAPACITÀ DI DISTRIBUIRE I CARICHI;
- BUONA IMPERMEABILITÀ.

PUNTI DI DEBOLEZZA

- IN ASSENZA DI USO DI BITUMI MODIFICATI INSTABILITÀ ALLE ALTE TEMPERATURE;**
- IN CASO DI PROGETTAZIONE DI MIX DESIGN ORDINARIO SCARSA DURABILITÀ NEL TEMPO**

SOVRASTRUTTURA CARATTERISTICHE SUPERCOMPATTATO



MASSICCIA
O
BALLAST

CIGLIO

PIEDE
UNGHIAURA

SUPERCOMPATTATO

SUPERCOMPATTATO

SPESSORE MINIMO DI 25 CM.

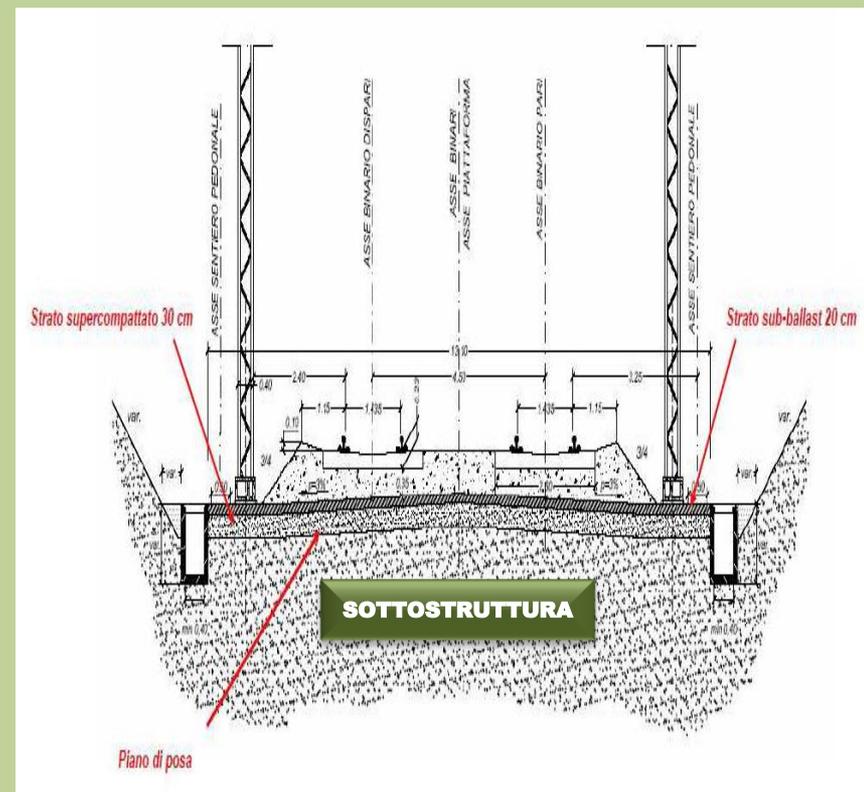
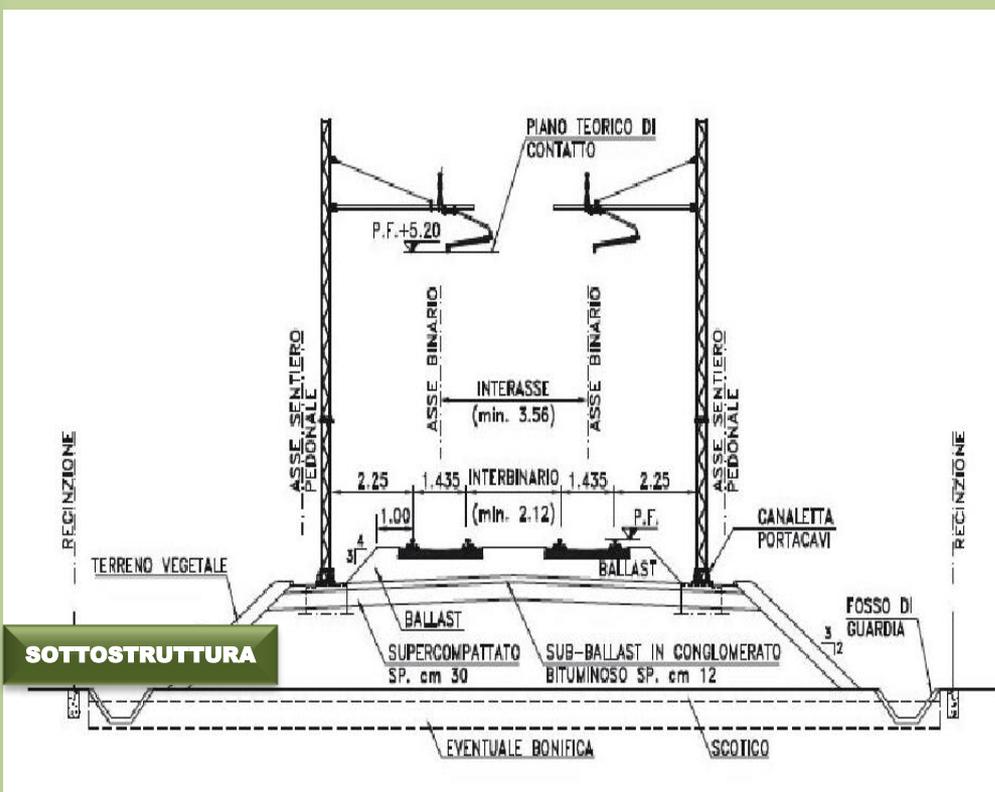
TALE STRATO DI TERRENO GRANULARE DEVE ESSERE:

- DI ELEVATA PORTANZA,
- FORTEMENTE ADDENSATO,
- AVERE UN FUSO GRANULOMETRICO PROGETTATO IN MODO TALE DA SOPPORTARE AGEVOLMENTE I CARICHI TRASMESSI DALL'ESERCIZIO,
- FORMARE, ALLO STESSO TEMPO, UN PIANO GRANULOMETRICAMENTE "CHIUSO" IN MODO DA PERMETTERE UN CORRETTO DEFLUSSO DELLE ACQUE D'INFILTRAZIONE.

PER LA FORMAZIONE DI TALE STRATO :

- DEVONO IMPIEGARSI TERRENI APPARTENENTI ESCLUSIVAMENTE ALLE CATEGORIE A1, A2-4 , A3;
- IN OGNI PUNTO LA DENSITÀ SECCA NON DEVE ESSERE INFERIORE AL 98% DELLA DENSITÀ AASTHO MODIFICATA;
- IL MODULO DI DEFORMAZIONE NON DEVE ESSERE INFERIORE A 80 MPA;
- LA SUPERFICIE SUPERIORE DELLO STRATO DEVE AVERE UNA PENDENZA DEL 3,5%.

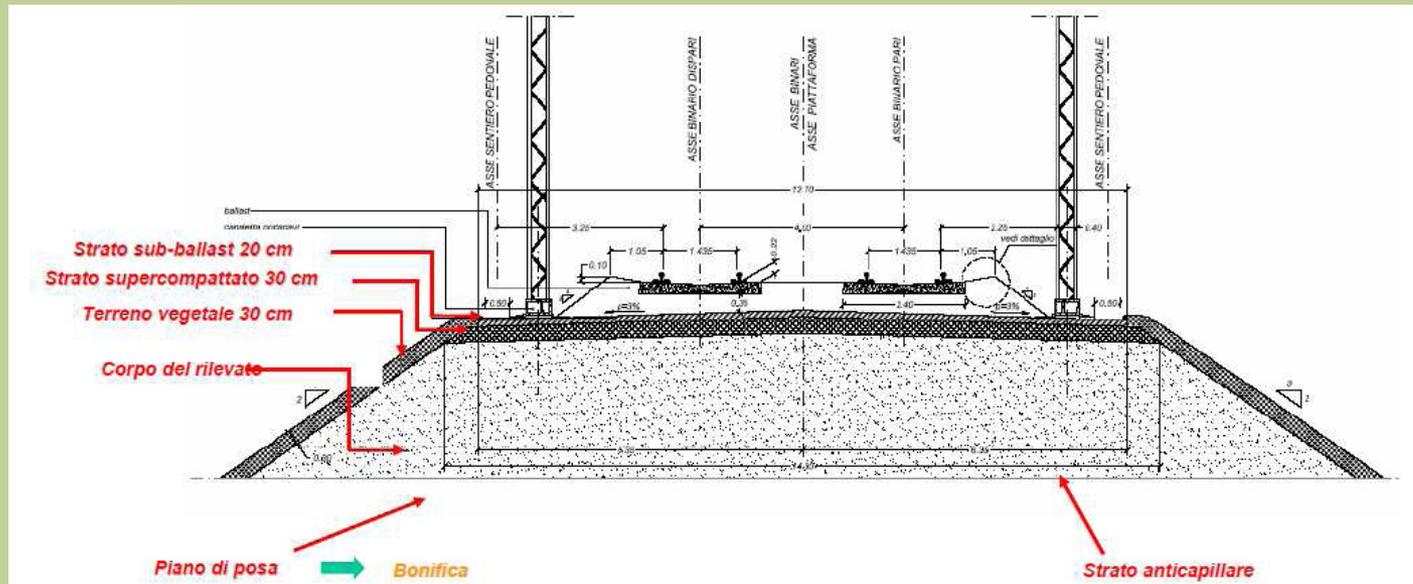
SOTTOSTRUTTURA



LA SOTTOSTRUTTURA FERROVIARIA VIENE REALIZZATA QUANDO IL CORPO FERROVIARIO SI TROVA NELLA CONDIZIONE DI :

- SEZIONE FERROVIARIA IN RILEVATO O A MEZZA COSTA.
- SEZIONI IN PIANO O DI TRINCEA CON ESIGENZE DI BONIFICA DEL TERRENO DI APOGGIO (*SCUDATURA*) DELLA SOVRASTRUTTURA QUANDO SONO DA TEMERE CEDIMENTI DELLA PIATTAFORMA, ANCHE PER INFILTRAZIONE DI ACQUA, CHE POSSONO PROVOCARE LA RIDUZIONE DELLA CAPACITÀ PORTANTE DEL PIANO DI POSA

CARATTERISTICHE SOTTOSTRUTTURA RILEVATO



RILEVATI

- pendenza delle scarpate 2 : 3
- stese in strati di spessore non superiore a 50 cm per le terre dei gruppi A1 e A2-4 (classificazione UNI 11531-1)
- stese in strati di spessore non superiore a 30 cm per le terre dei gruppi A2-5, A2-6, A2-7, A3 e A4 (classificazione UNI 11531-1);
- in ciascuna sezione trasversale, i materiali impiegati per ciascuno strato devono essere dello stesso gruppo e sottogruppo;
- la superficie superiore degli strati deve avere una pendenza trasversale del 3,5% e nella costruzione si deve evitare la formazione di avvallamenti o solchi;
- le terre devono essere inumidite od essiccate mediante aerazione, fino ad ottenere l'umidità ottimale corrispondente alla densità massima rilevata con le prove di costipamento Proctor;
- ogni strato deve essere costipato in modo da raggiungere, in ogni punto, la densità secca pari al 95% della densità massima ottenuta per quella terra con la prova di costipamento AASHTO modificata (CNR-BU n. 69) prima di porre in opera un altro strato;
- il modulo di deformazione misurato mediante prova di carico su piastra, al primo ciclo di carico nell'intervallo 0,05 MPa – 0,15 MPa, non dovrà essere inferiore a:
 - 20 MPa per le zone di rilevato a distanza inferiore ad un metro dai bordi degli strati stessi;
 - 40 MPa per la restante zona centrale;
 - il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0,60 (CNR-BU n. 146)
- nel caso di rilevati di altezza superiore a 5-6 m devono essere eseguite banchine opportunamente dimensionate in larghezza (in genere 2 m); sulle scarpate dei rilevati deve essere posato uno strato di terreno vegetale umifero dello spessore di 20-30 cm, da stendere a cordoli orizzontali opportunamente costipati.

CAP. III VIA DI CORSA E MANUTENZIONE

COMPONENTI VIA DI CORSA

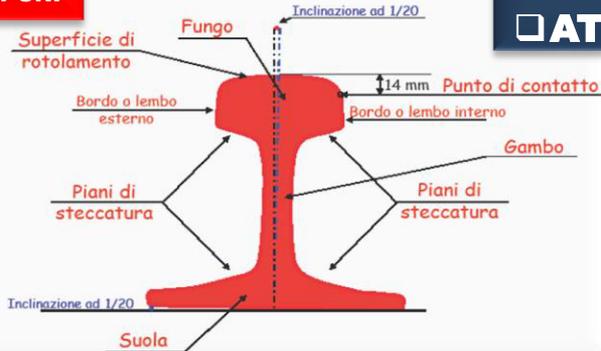
ARMAMENTO

- ROTAIE
- TRAVERSE
- ATTACCHI

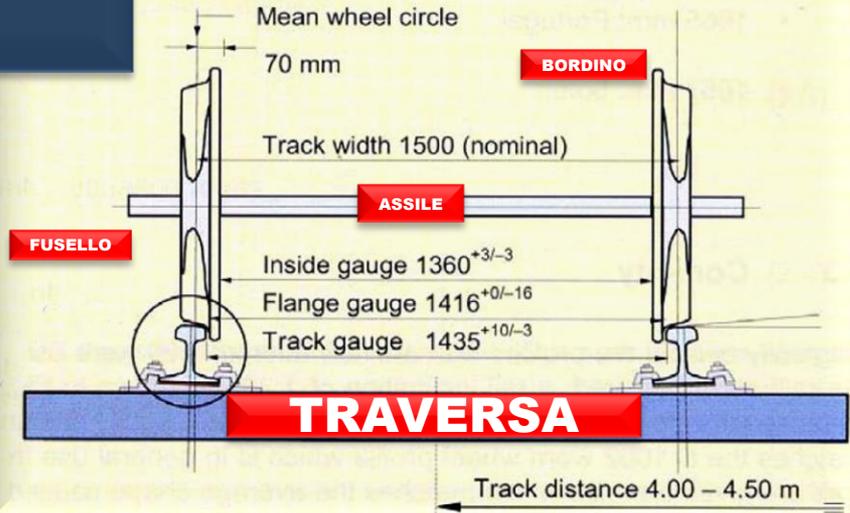
- Sezione della rotaia - Nomenclatura

ROTAIE 60 E1 UNI

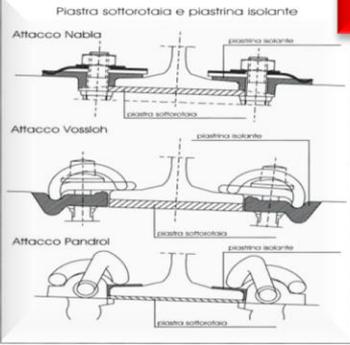
PROFILATO
DI ACCIAIO
TIPO
"VIGNOLE"



CARATTERISTICHE SALA MONTATA



ATTACCHI



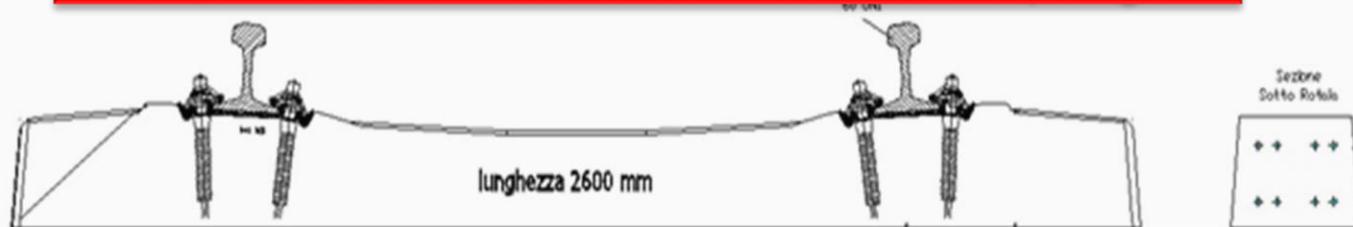
PESO TRAVERSA IN CAP 220 - 400 Kg/m



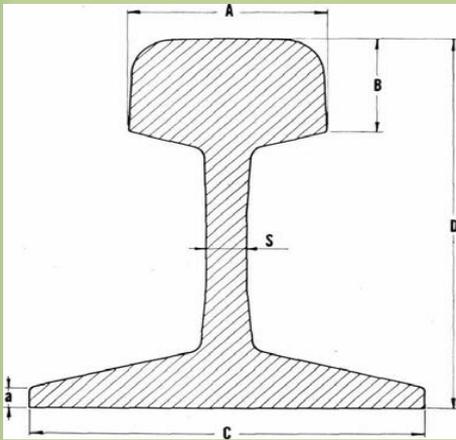
RAGGI CURVATURA
per V=250 Km/h 3.000m
per V =300 Km/h min 5.450m

PENDENZE
MAX 35‰ (21‰)

RFI 260V-AV ARMAMENTO 60 UNI PESO ROTAIA 60,36 Kg/m

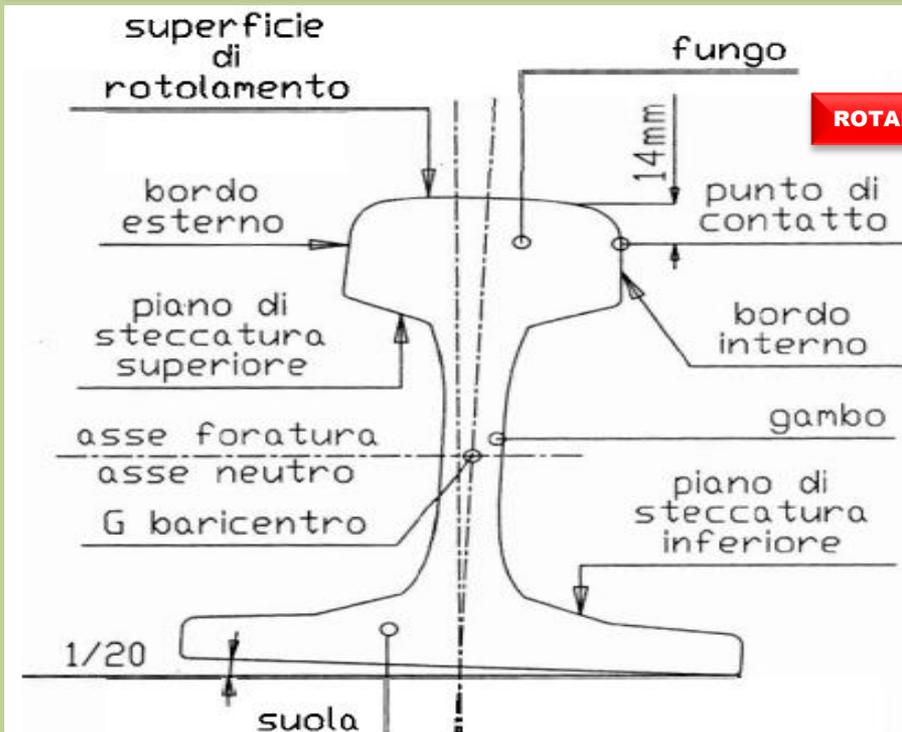


CARATTERISTICHE ARMAMENTO ROTAIE

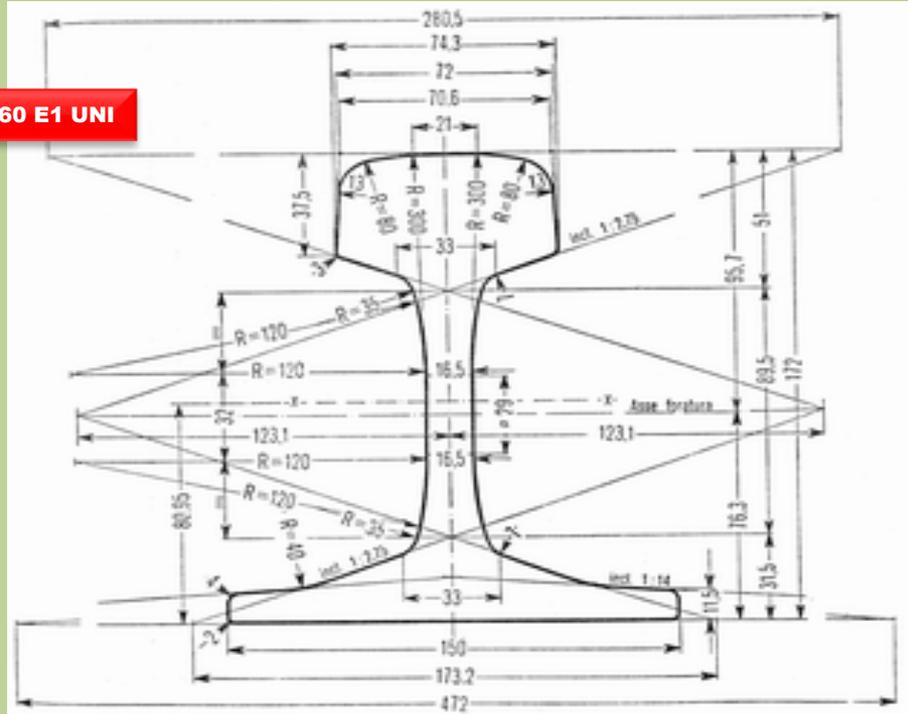


Tipo	Peso [kg/ml]	A [mm]	B [mm]	C [mm]	D [mm]	a [mm]	S [mm]
RA 36 S	36,00	60,0	29,00	100	130	9,00	14,0
FS 46 ³	46,30	65,0	36,87	135	145	8,12	14,0
49	49,00	70,0	38,80	125	148	10,50	14,0
FS 506	50,60	65,0	38,87	135	149	10,12	16,0
50 UNI	49,86	70,0	38,80	135	148	10,00	14,0
60 UNI	60,36	74,3	37,50	150	172	11,50	16,5

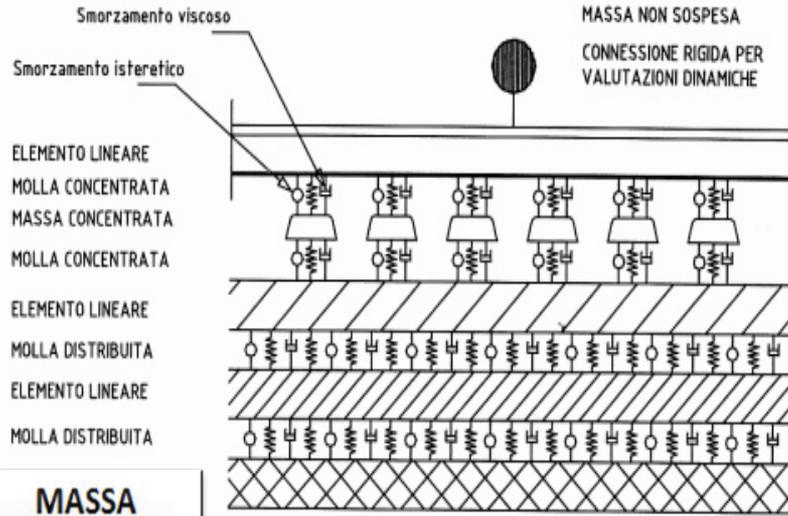
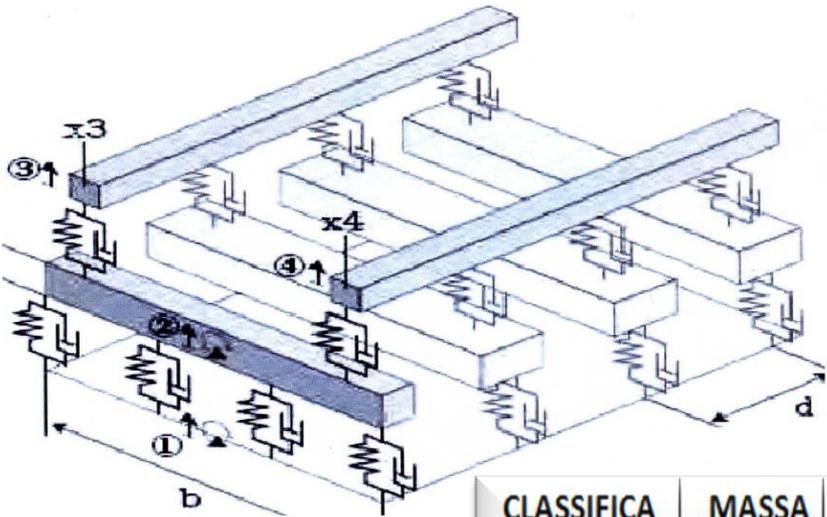
RELAZIONE CHE LEGA PESO P DI UNA ROTAIA (Kg/ml) ALLA SUA SEZIONE F IN mm²
 $P = 0,00786 F$



ROTAIE 60 E1 UNI



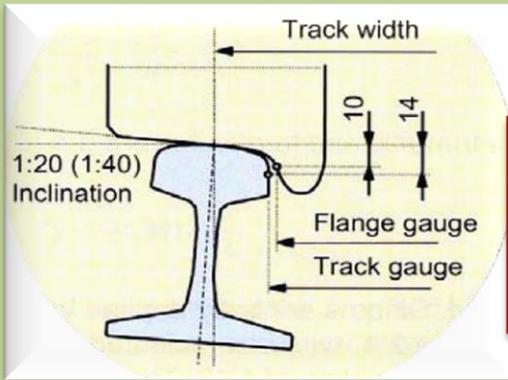
CLASSIFICAZIONE LINEE FERROVIARIE PER CARICO ASSE CONSENTITO



CLASSIFICA [CATEGORIA]	MASSA [PER ASSE]	MASSA [METRO CORRENTE]
D4	22,5 t	8,0 t/m
C3	20,0 t	7,2 t/m
B2	18,0 t	6,4 t/m
A	16,0 t	5,0 t/m

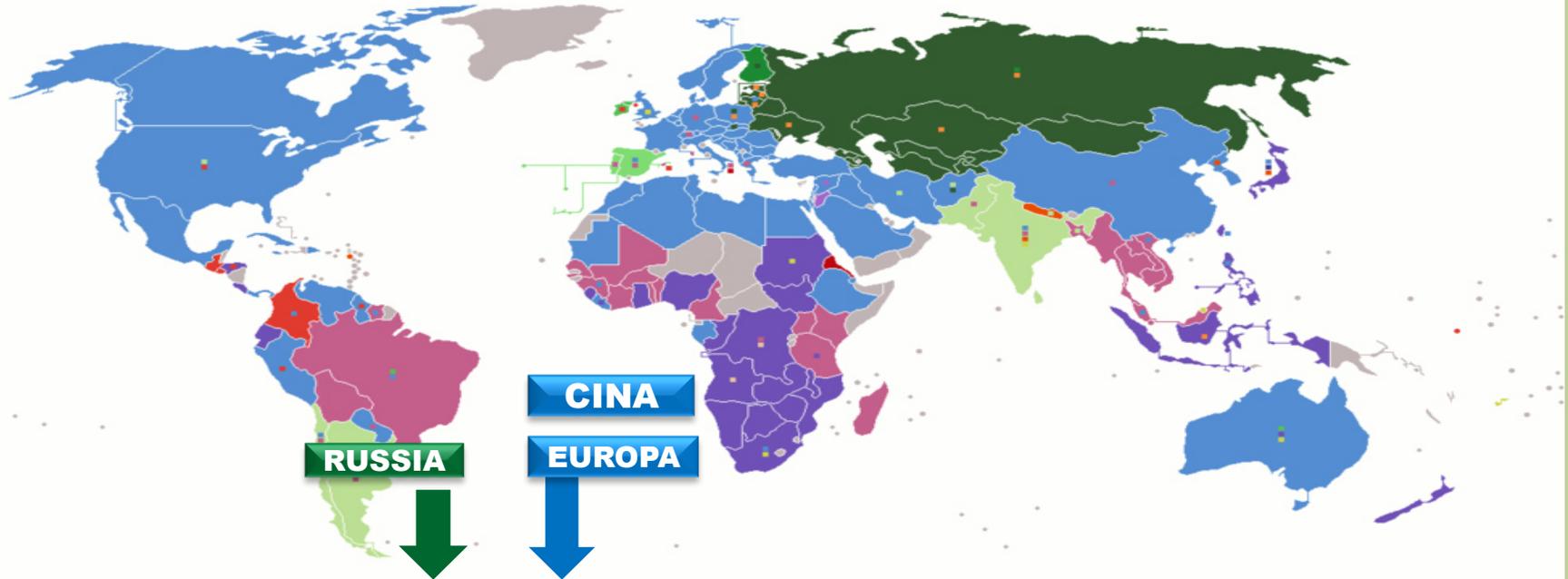
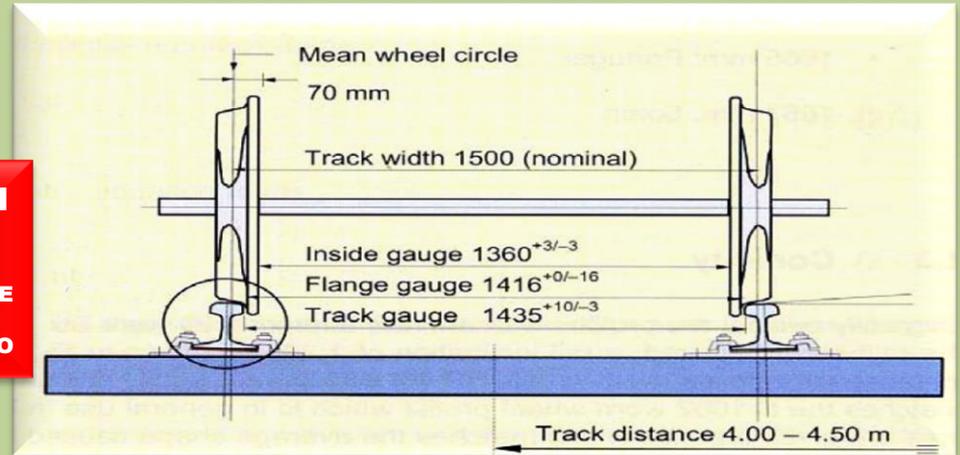


ARMAMENTO FERROVIARIO : SCARTAMENTO



SCARTAMENTO DI BINARIO

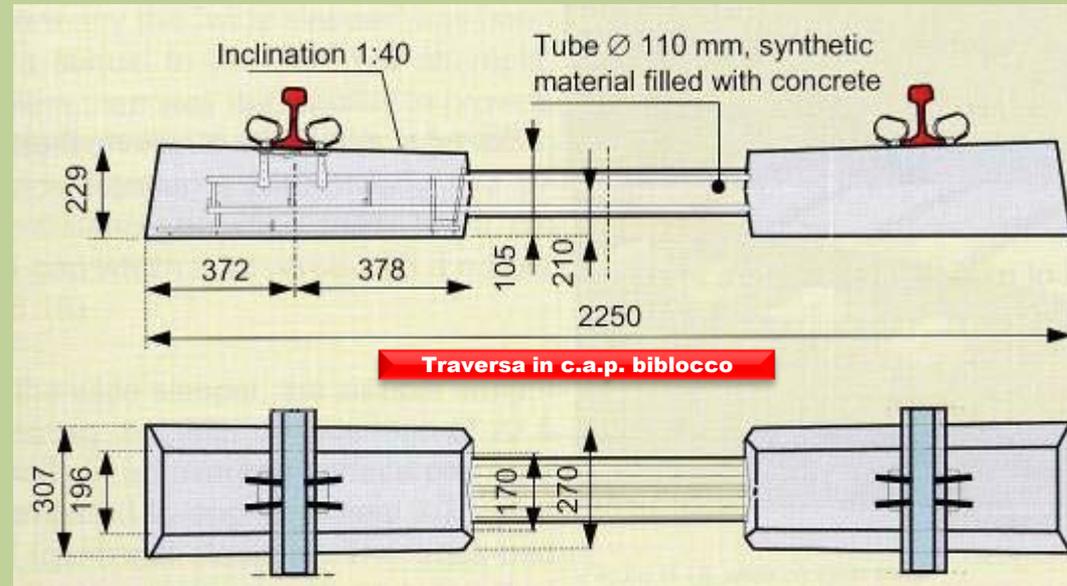
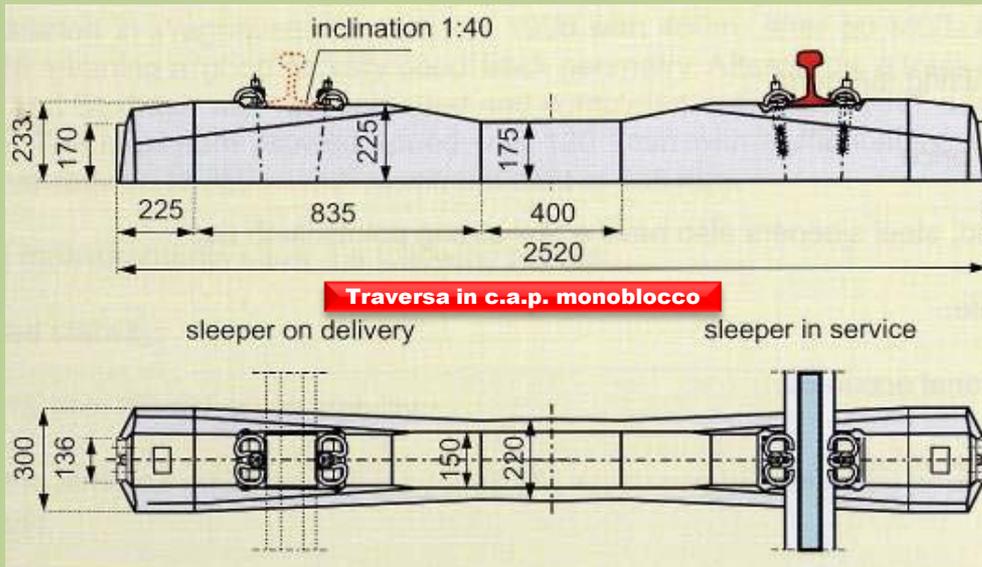
DISTANZA FRA GLI INTRADOSSI DELLE ROTAIE MISURATA 14 mm SOTTO IL PIANO DI ROTOLAMENTO



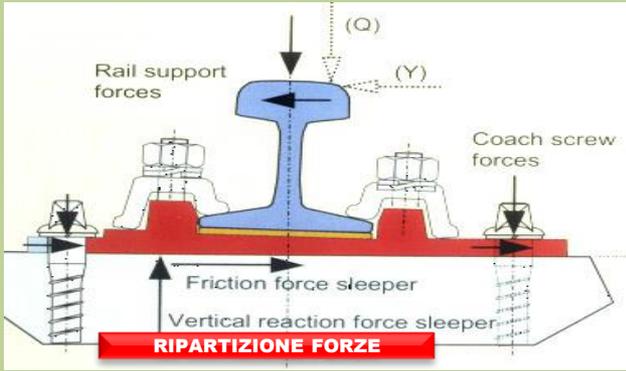
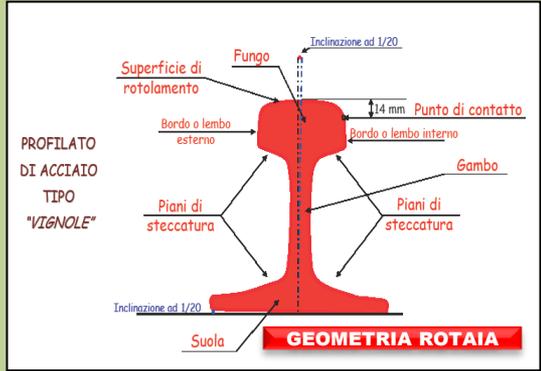
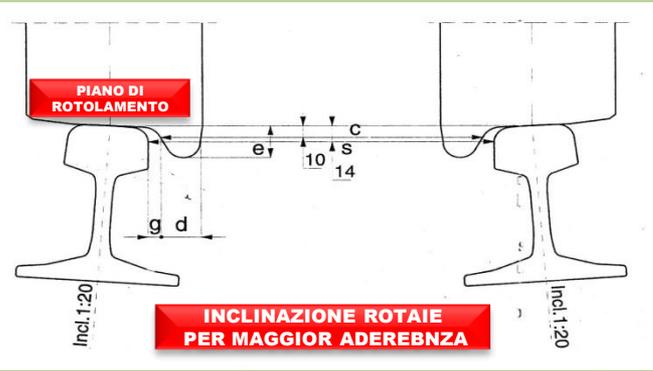
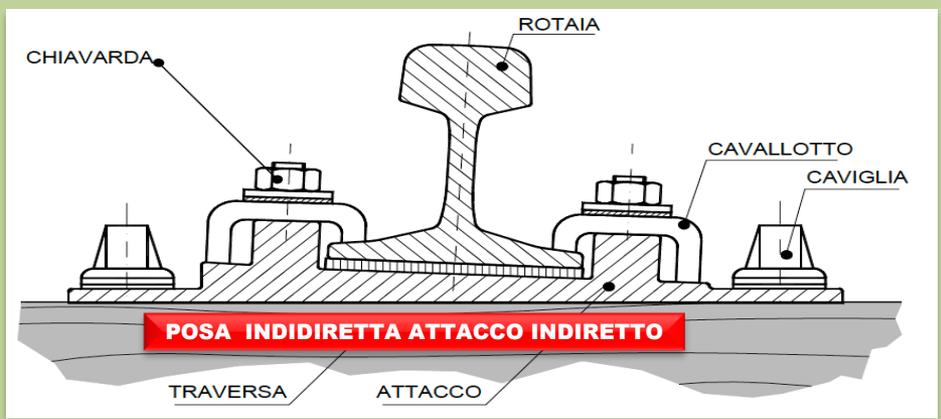
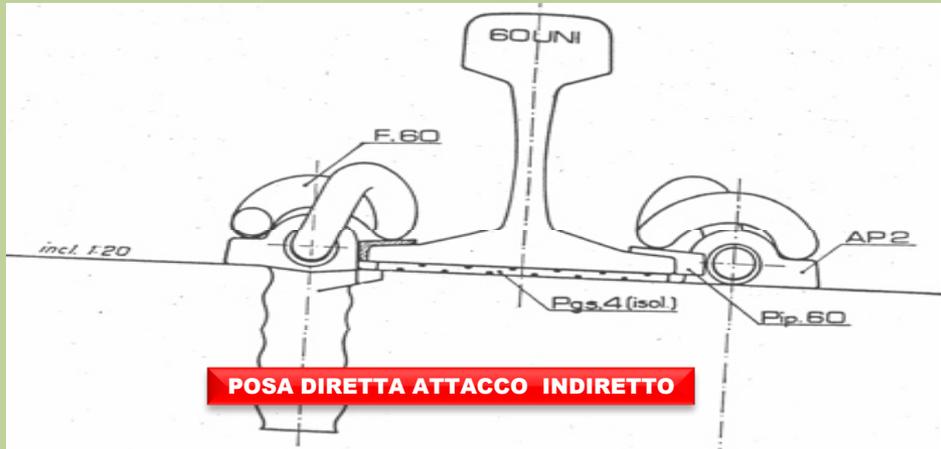
mm	1676	1668	1600	1524	1520	1435	1372	1067	1050	1000	950	914	762	750	610	600
ft in	5'6"	5'5.67"	5'3"	5'	4'11.8"	4'8.5"	4'6"	3'6"	3'5.3"	3'3.4"	3'1.4"	3'	2'6"	2'5.5"	2'	1'11.6"

VALORI SCARTAMENTO NEL MONDO

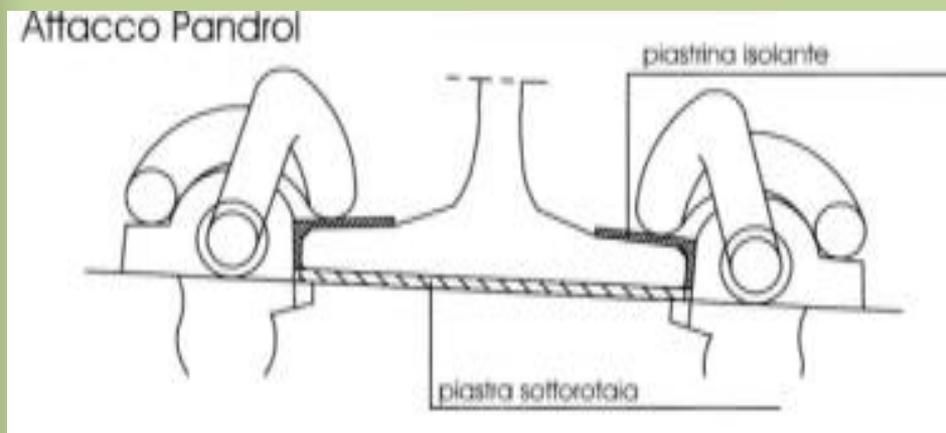
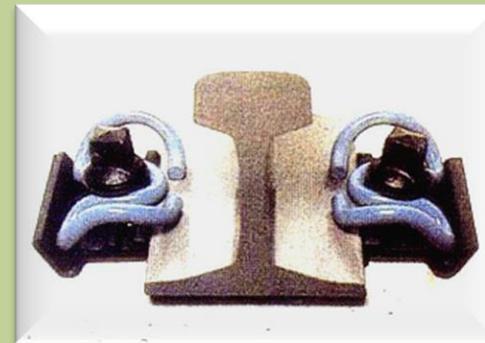
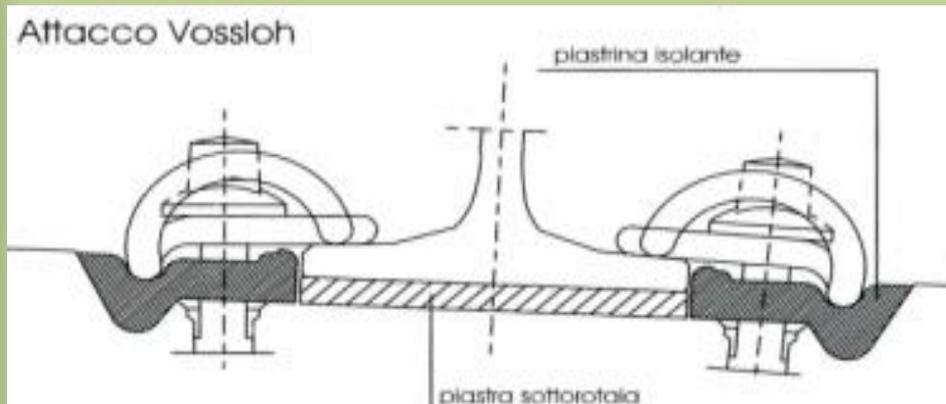
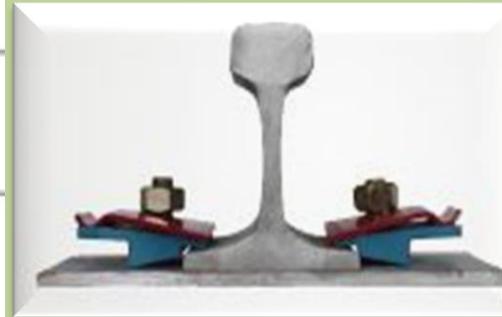
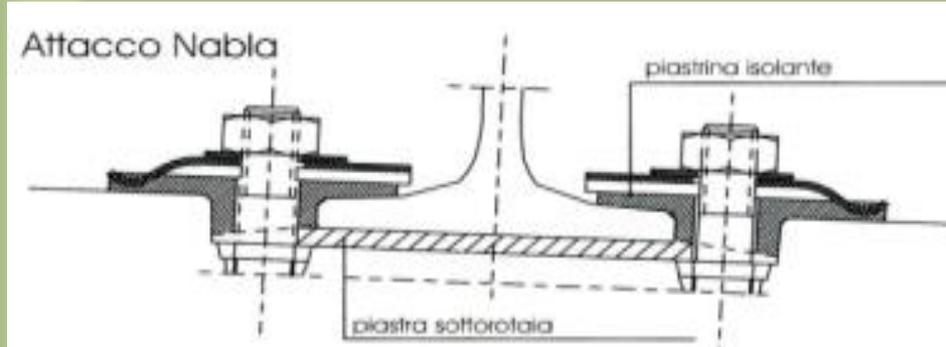
ARMAMENTO FERROVIARIO : TRAVERSE



ARMAMENTO FERROVIARIO : ROTAIA, POSA E ATTACCHI



ARMAMENTO FERROVIARIO : ATTACCHI CON PIASTRA SOTTOROTAIA , PIASTRINA ISOLANTE E FISSAGGIO A MOLLA



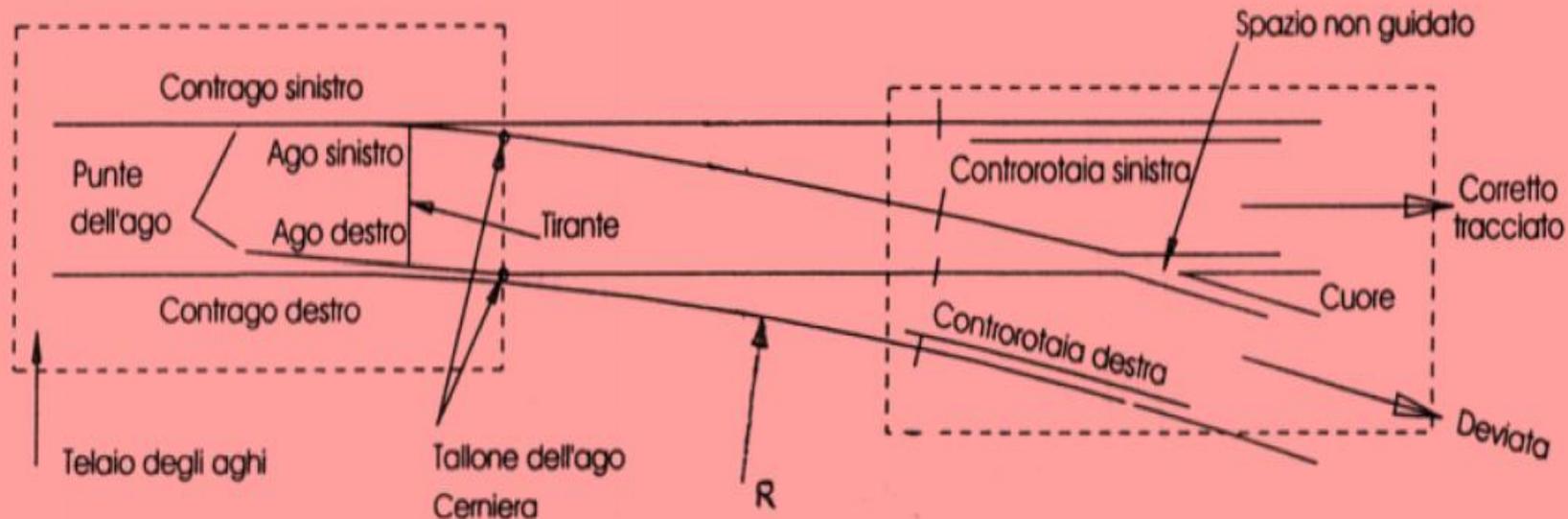
ARMAMENTO FERROVIARIO GIUNTO SOSPESO E APPOGGIATO



LUNGHEZZA BARRE SINO A 144 m



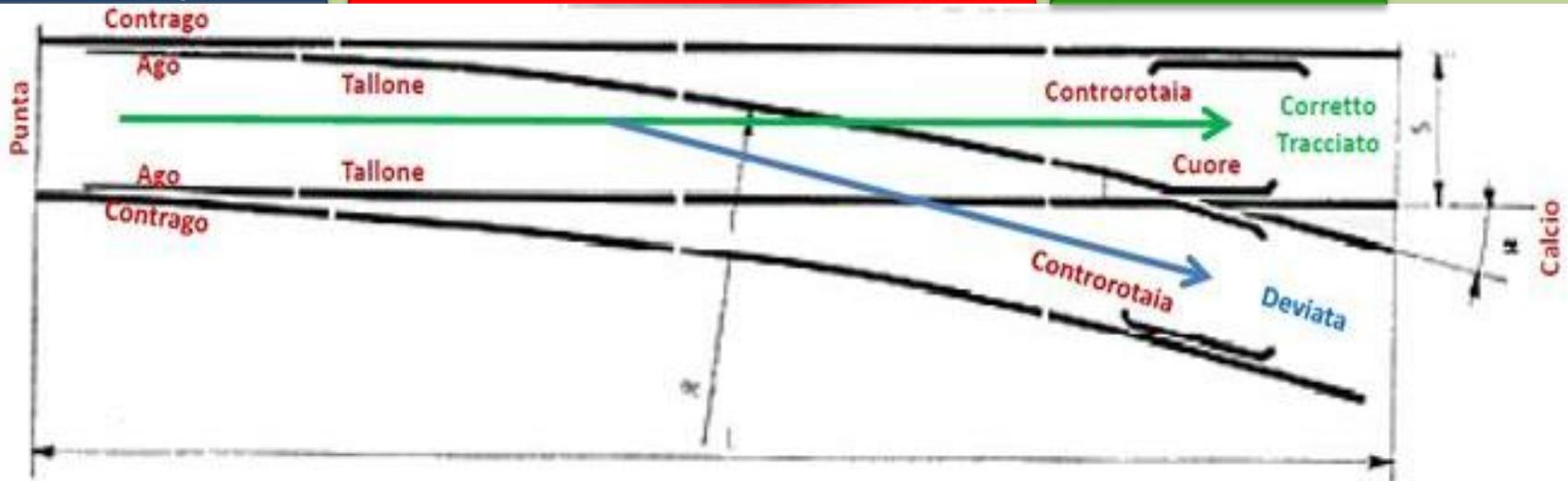
APPARECCHIO DI BINARIO : DEVIATOIO SEMPLICE



CAMBIAMENTO O TELAIO
DEGLI AGHI
PARTE MOBILE

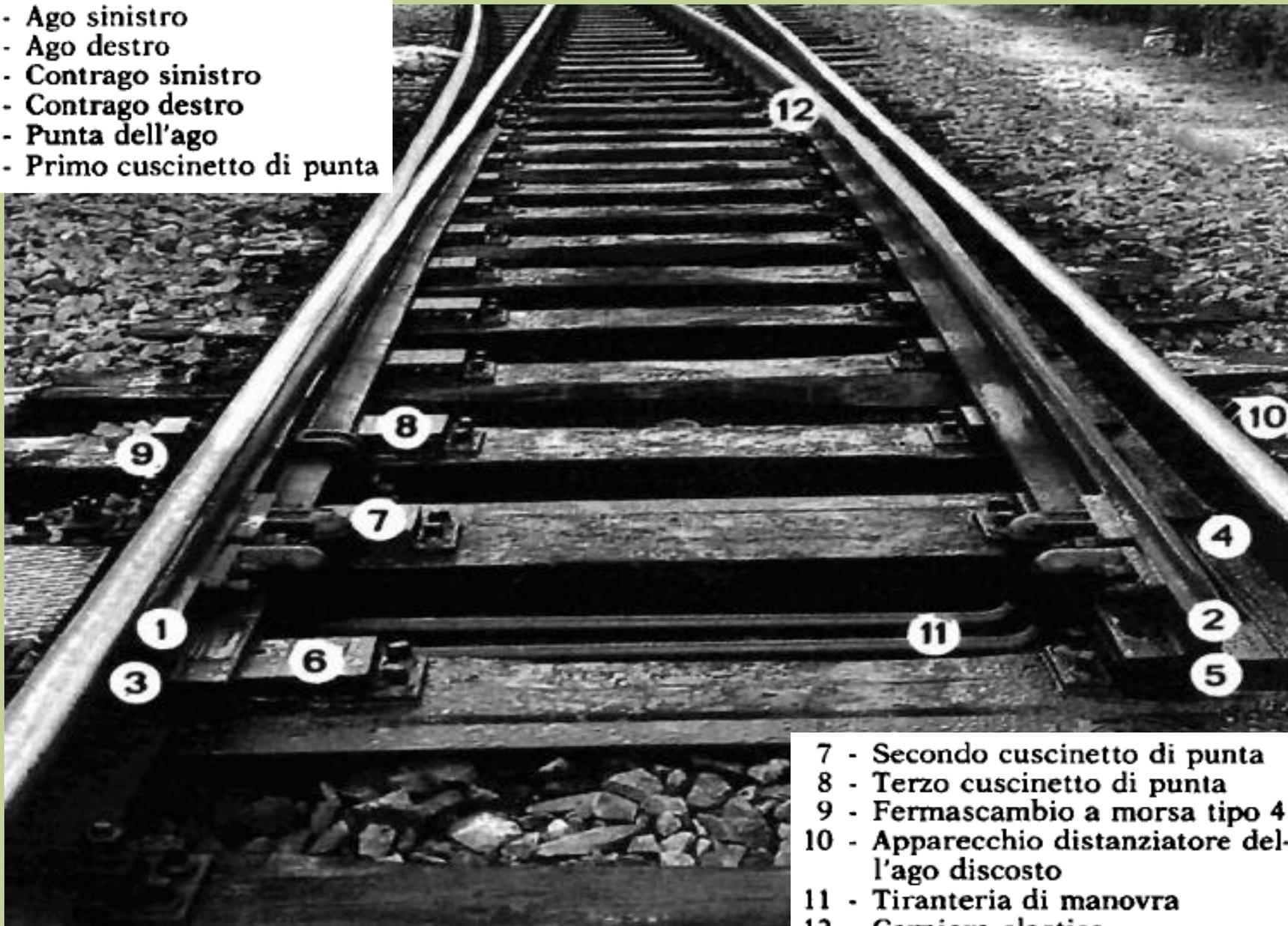
ROTAIE INTERMEDIE

CUORE O INCROCIAMENTO
PARTE FISSA



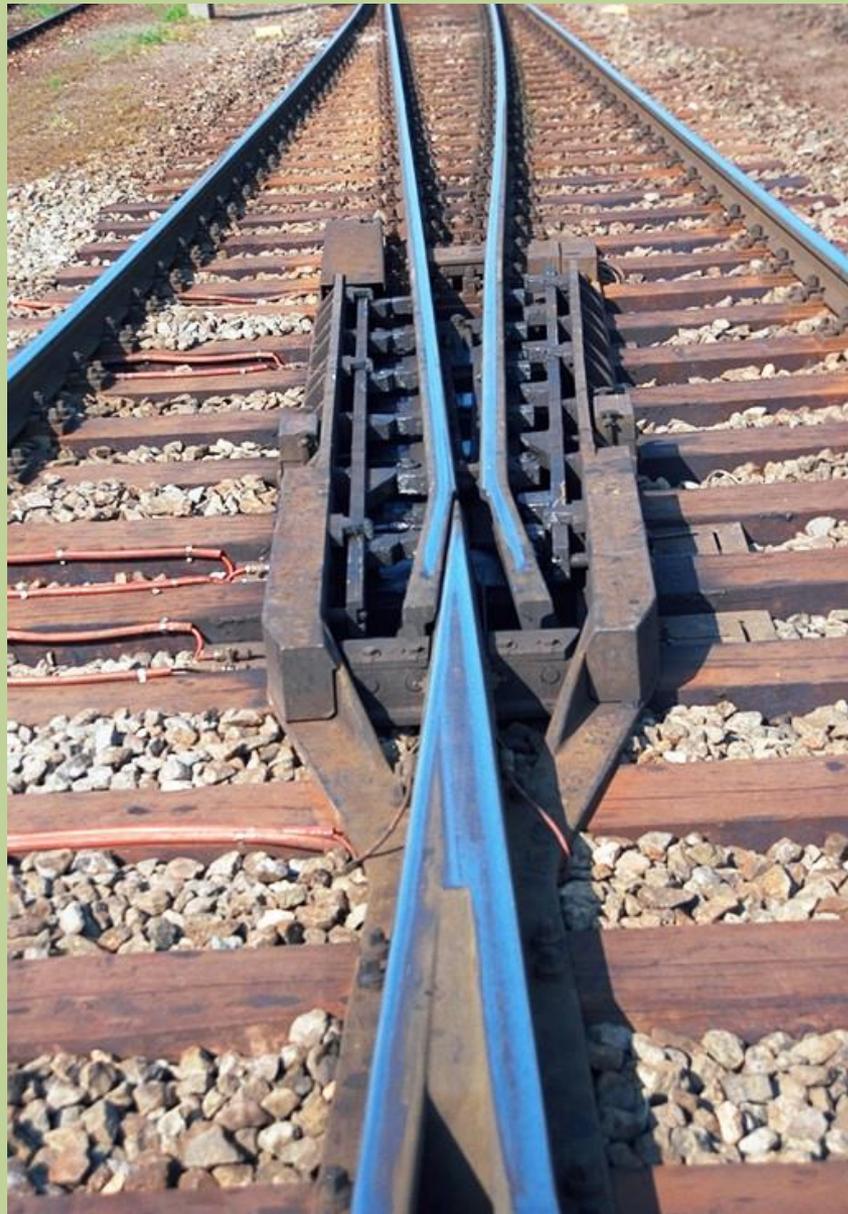
APPARECCHIO DI BINARIO : DEVIATOIO SEMPLICE

- 1 - Ago sinistro
- 2 - Ago destro
- 3 - Contrago sinistro
- 4 - Contrago destro
- 5 - Punta dell'ago
- 6 - Primo cuscinetto di punta

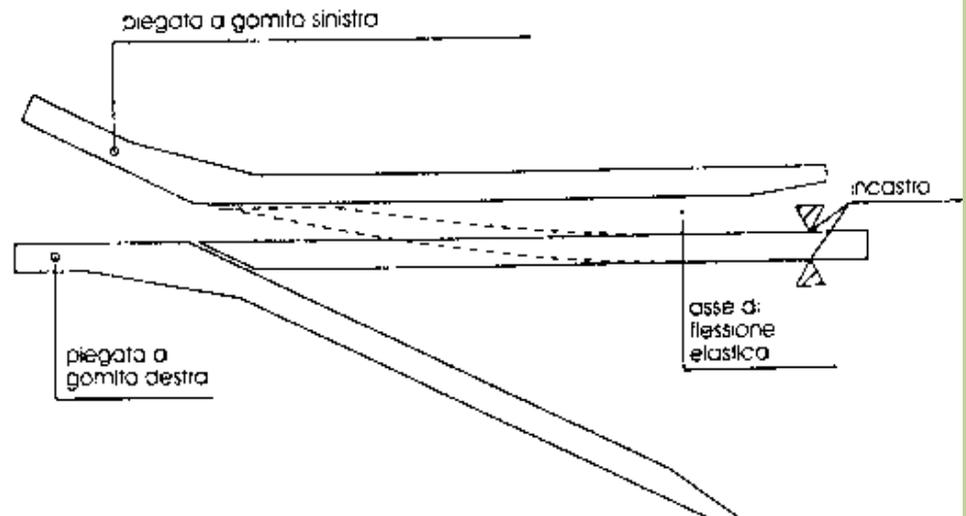


- 7 - Secondo cuscinetto di punta
- 8 - Terzo cuscinetto di punta
- 9 - Fermascambio a morsa tipo 4
- 10 - Apparecchio distanziatore dell'ago discosto
- 11 - Tiranteria di manovra
- 12 - Cerniera elastica

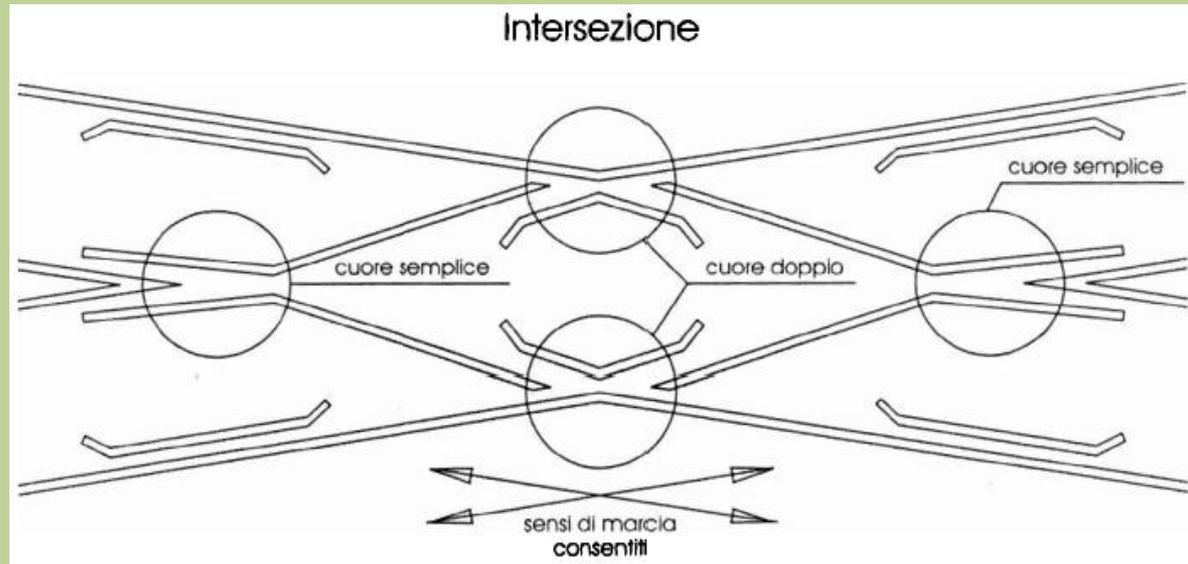
APPARECCHIO DI BINARIO : DEVIATOIO AV/AC



Cuore a punta mobile



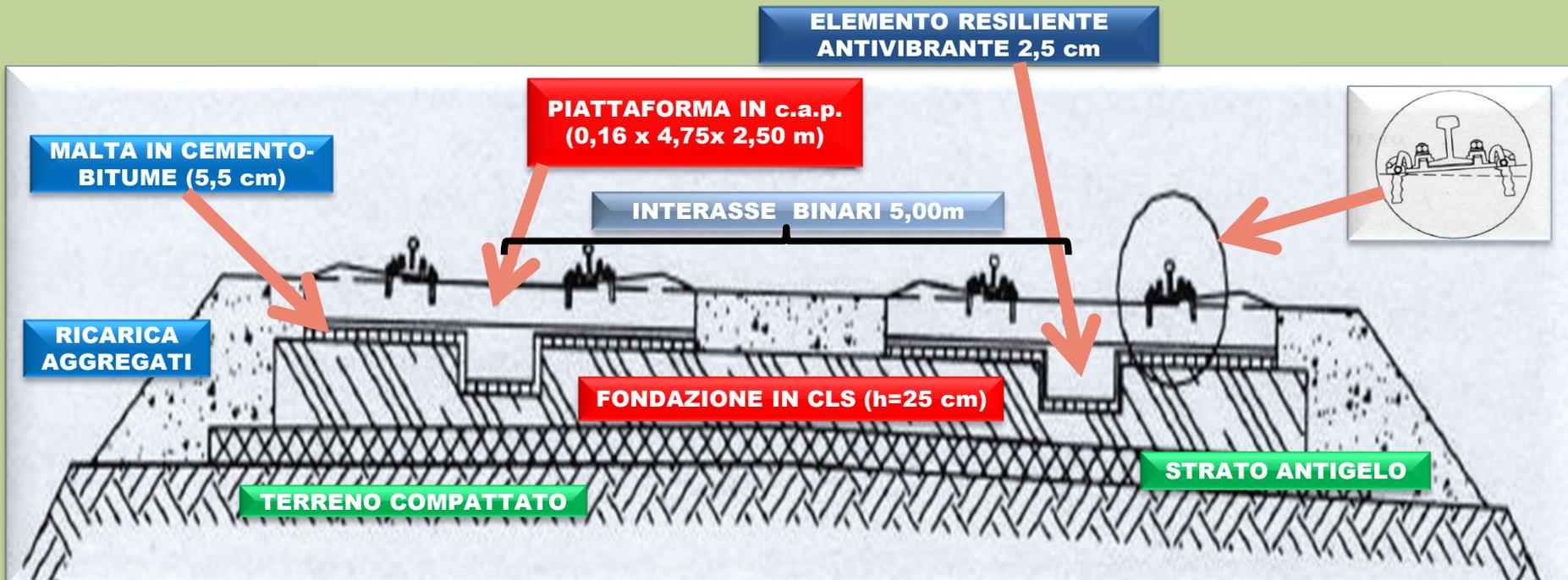
APPARECCHIO DI BINARIO : INTERSEZIONE



SOVRASTRUTTURA FERROVIARIA ARMAMENTO SENZA BALLAST

SISTEMA ITALIANO ITALFERR
LINEE AV/AC V= 350 km/h

SEZIONE IN RILEVATO A DOPPIO BINARIO

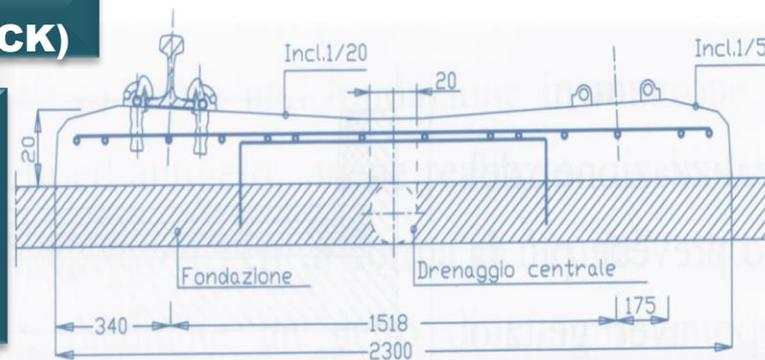


VIE DI CORSA SU 2 PIASTRONI IN c.a.p. SU FONDAZIONE IN cls.

ARMAMENTO SENZA BALLAST (EUROPA)

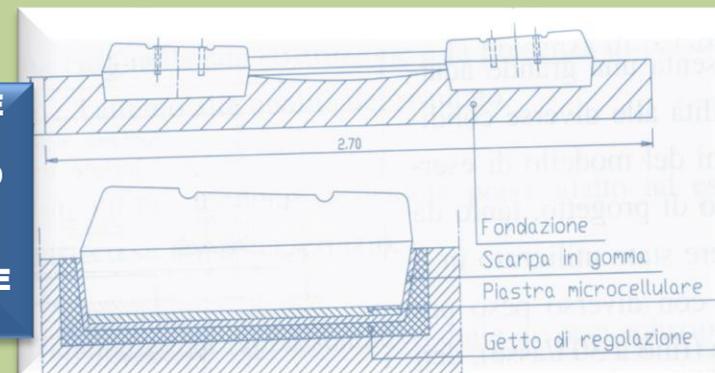
SISTEMA INGLESE PACT (PAVED CONCRETE TRACK)

- ❑ CLS GETTATO IN OPERA
- ❑ ROTAIA SU ATTACCHI ELASTICI PANDROL
- ❑ PIASTRE CONTINUE IN NEOPRENE 10 mm
- ❑ CARICO MAX 30t/asse
- ❑ V MAX 200 km/h



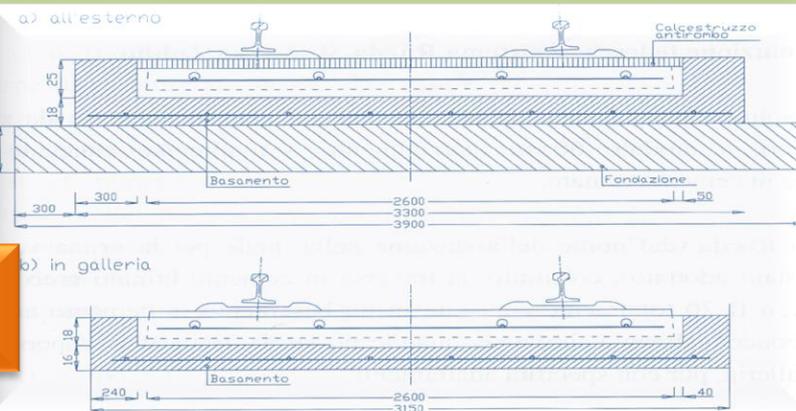
SISTEMA FRANCESE STEDEF

- ❑ TRAVERSE BIBLOCCO ANNEGATE SULLA PIATTAFORMA IN CLS
- ❑ SCARPE GOMMA IN ELASTOMERO SOTTO TRAVERSE
- ❑ TRAVERSE MONOBLOCCO DA 60 cm PARZIALMENTE ANNEGATE NEL CLS ARMATO

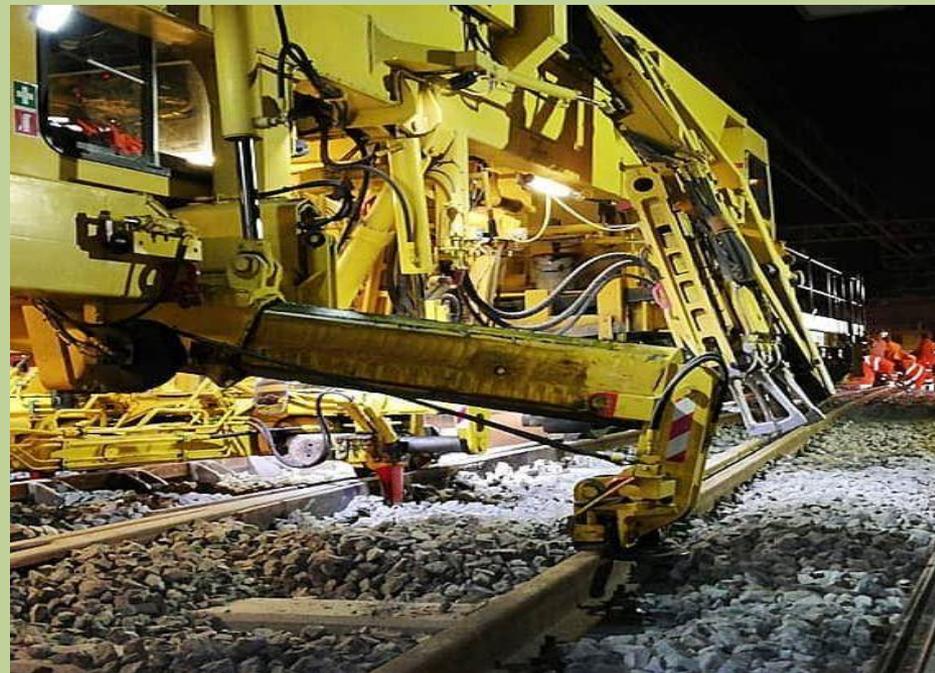


SISTEMA TEDESCO REDA

- ❑ TRAVERSE MONOBLOCCO DA 60 cm PARZIALMENTE ANNEGATE NEL CLS ARMATO



TRENO DISERBATORE - MACCHINE RINCALZATRICI



RIGUARNITURA E PROFILATURA



MACCHINE RISANATRICE E CAMBIO ROTAIE



CAP. IV CORPO FERROVIARIO SPECIALIZZATO

TIPOLOGIE OPERE D'ARTE PRICIPALI E SECONDARIE

**OPERE PER LA RACCOLTA DI ACQUE
SUPERFICIALI O PROFONDE**



**CUNETTE FOSSI DI GUARDIA
CANALI DI GRONDA DRENAGGI**



**OPERE PER L'ATTRAVERSAMENTO DI CORSI
D'ACQUA O DEPRESSIONI DEL TERRENO**



**PONTI VIADOTTI
TOMBINI PONTICELLI**



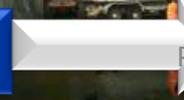
OPERE DI CONTENIMENTO



**MURI DI SOSTEGNO DI SOTTOSCARPA
DI CONTRORIPA DIAFRAMMI PALIFICATE**



OPERE IN SOTTERRANEO



**GALLERIE NATURALI ARTIFICIALI
GALLERIE PARAVALANGHE CUNICOLI**

PONTE FERROVIARIO E VINCOLI DI ESERCIZIO

**San Rocco al Porto (Lombardia)
Ponte Ferroviario strallato**



**UN PONTE FERROVIARIO È
UN' OPERA D'ARTE REALIZZATA
PER SUPERARE UN OSTACOLO
NATURALE, VIE D'ACQUA, CANALI,
E CHE PERMETTE LA CONTINUITÀ
DELLA SOVRASTRUTTURA
FERROVIARIA**

**Ponte Ferroviario
ad arco incastrato di Peschiera Del Garda**



I vincoli di esercizio sono principalmente di natura idraulica :

- ❖ **eventi di massima piena**
- ❖ **livello massimo del pelo libero dell'acqua**
- ❖ **scalzamento delle fondazioni in alveo**
- ❖ **franchi necessari che permettano l'eventuale navigazione**
- ❖ **rischio di erosione degli elementi strutturali.**

VIADOTTO FERROVIARIO E VINCOLI DI ESERCIZIO

UN VIADOTTO FERROVIARIO È UN' OPERA D'ARTE REALIZZATA PER SUPERARE UNA DISCONTINUITÀ NATURALE (AD ESEMPIO UNA VALLATA, UNA ZONA URBANIZZATA) E CHE PERMETTE LA CONTINUITÀ DELLA SOVRASTRUTTURA FERROVIARIA



I vincoli di esercizio sono principalmente

- protezione delle pile, spalle da urti accidentali**
- rispetto delle sagome limiti della viabilità'**



Viadotto Modena (AV/AC Mi-Bo) 767 campate semplicemente appoggiate da 31.5 m, 9 impalcati continui 136 m ciascuno, tre luci 40 - 56 - 40 m.

CAVALCAVIA FERROVIARIO E VINCOLI DI ESERCIZIO

UN CAVALCAVIA FERROVIARIO È UN' OPERA D'ARTE REALIZZATA PER SUPERARE UNA VIA DI COMUNICAZIONE (STRADA, FERROVIA) E CHE PERMETTE LA CONTINUITÀ DELLA SOVRASTRUTTURA FERROVIARIA



CAVALCAVIA FERROVIARIO SULLA A1 TRATTO VILLA LITERNO-CASERTA

I vincoli di esercizio sono principalmente

- protezione delle pile, spalle da urti accidentali**
- rispetto delle sagome limiti della viabilità**

CAVALCAVIA FERROVIARIO A PINEROLO



I MATERIALI DA COSTRUZIONE DELLE OPERE D'ARTE FERROVIARIE

OVADA - PONTE DELLA VENETA



MURATURA

PINEROLO - PONTE SUL CHISONE



CLS ORDINARIO E PRECOMPRESSO

GERMANIA - PONTE A NANTENBACH



MATERIALE MISTO ACCIAIO - CALS

IVREA - PONTE SULLA DORA BALTEA



ACCIAIO

GLI SCHEMI STATICI DELLE OPERE D'ARTE

SEMPLICEMENTE APPOGGIATO



TIPO GERBER



CONTINUA



A TRAVATA

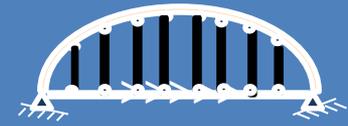
INCASTRATO



A TRE CERNIERE



A DUE CERNIERE



A SPINTA ELIMINATA

AD ARCO

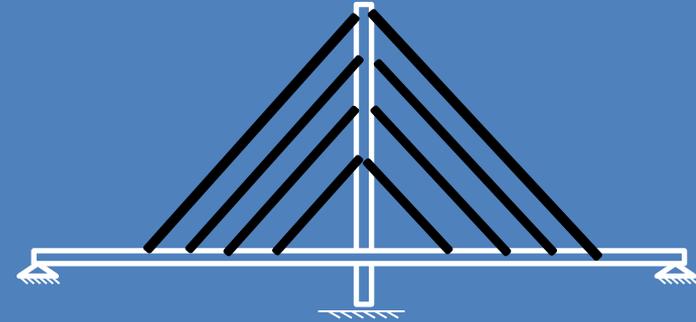
CON PIEDRITTI VERTICALI E TRAVI TAMPONE



CON PIEDRITTI INCLINATI



A TELAIO



STRALLATO



SOSPESO

**CAP. V CAUSE DI DEGRADO CORPO
FERROVIARIO SPECIALIZZATO E
CONDIZIONI DI STABILITA'**

DECADIMENTO DEI REQUISITI ORDINARI OPERE D'ARTE

CAUSE FISICHE

- gli effetti dell'inquinamento atmosferico
- le piogge acide
- i cicli di gelo e disgelo dell'acqua presente all'interno delle porosità della matrice cementizia
- lesioni da ritiro
- variazioni termiche artificiali (incendi)

CAUSE CHIMICHE

- carbonatazione
- attacchi da cloruri
- altri agenti chimici

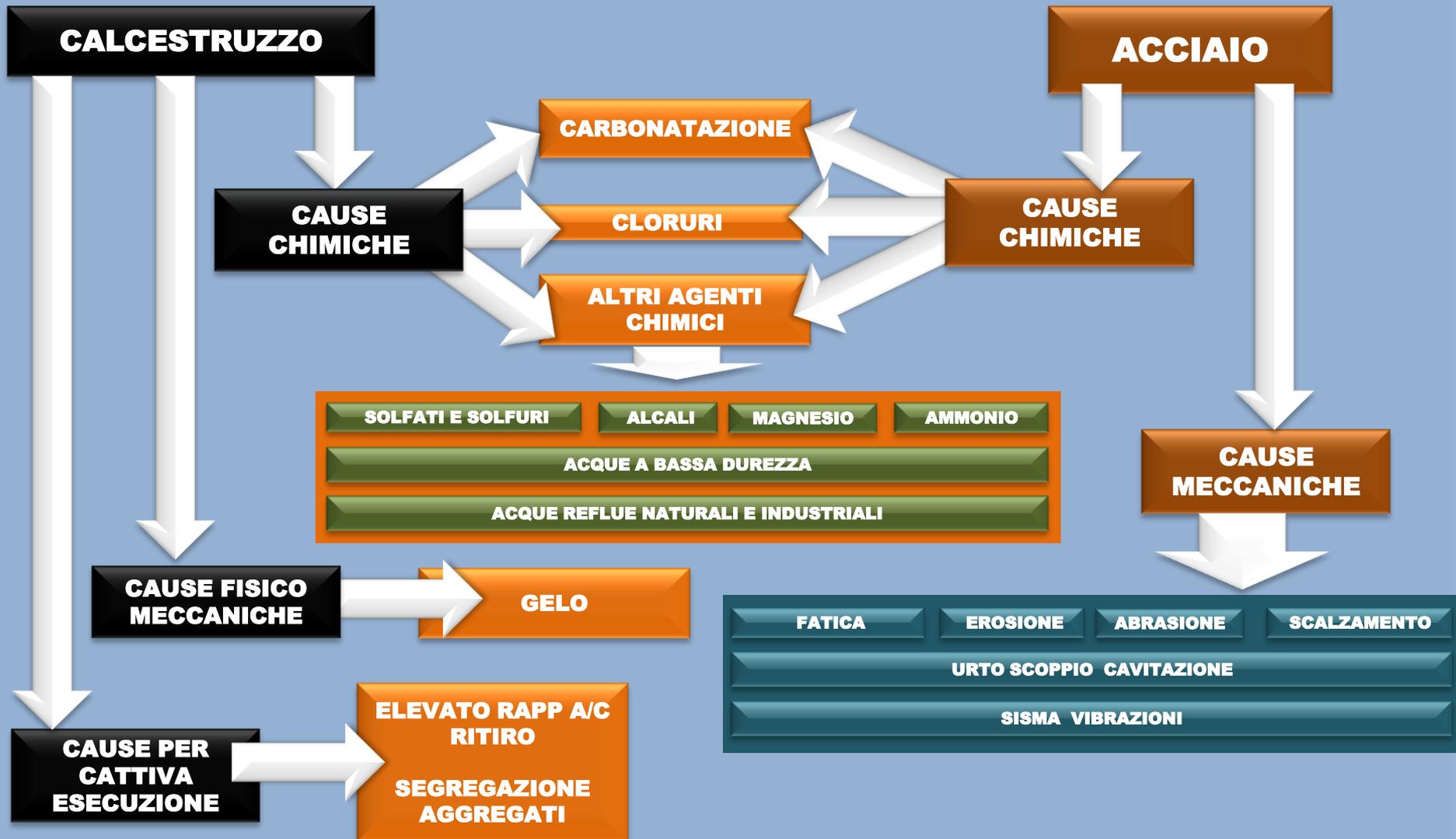
CAUSE MECCANICHE

- fenomeni di fatica
- fenomeni di erosione , abrasione, scalzamento
- urto, scoppio, cavitazione
- sisma
- vibrazioni

CAUSE BIOLOGICHE

- attacchi da muschi o funghi

IL DEGRADO DIRETTO DEI MATERIALI COSTITUTIVI DELLE OPERE D'ARTE

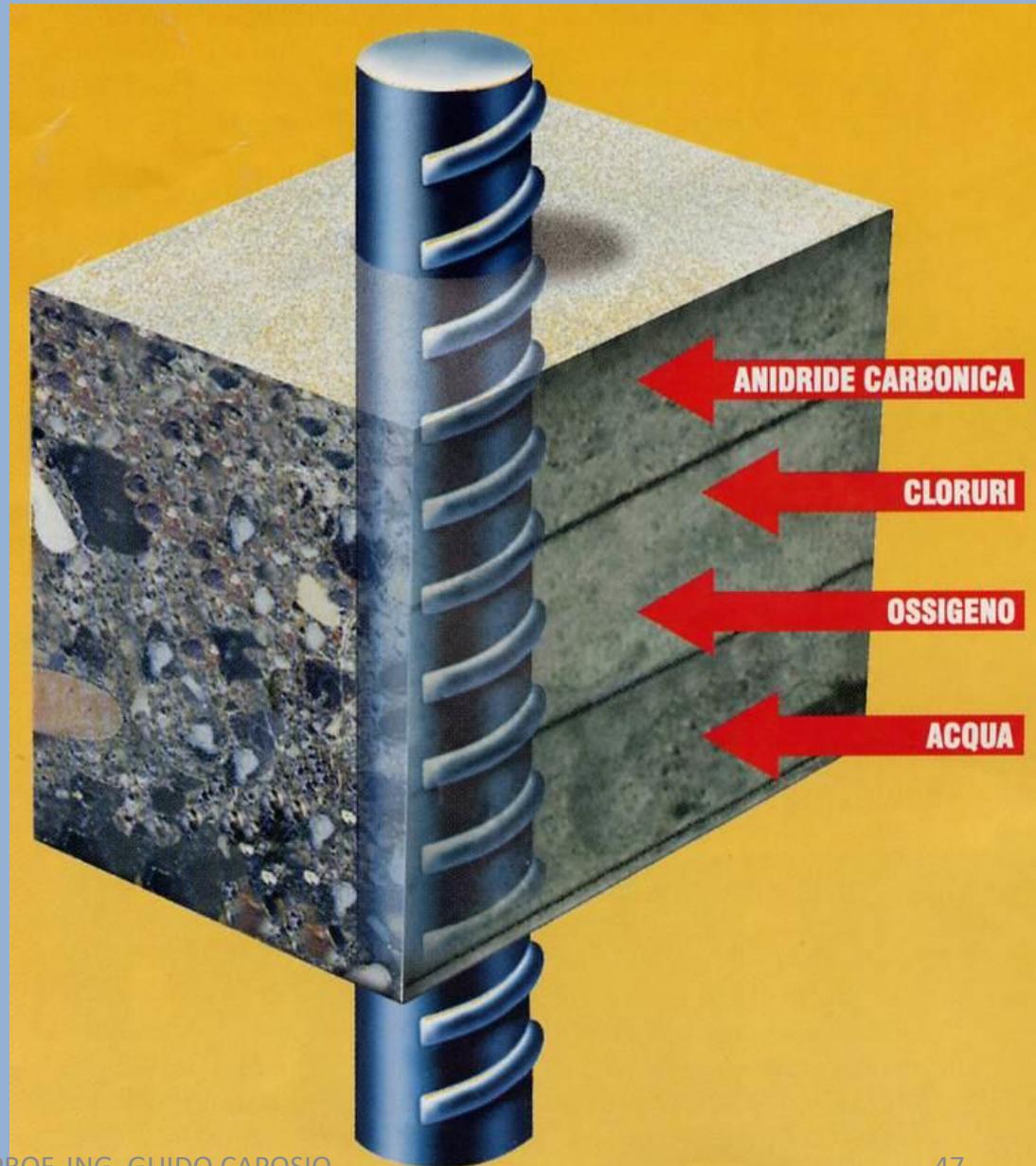


CAUSE CHIMICHE PRINCIPALI DEL DEGRADO

**NELLE STRUTTURE IN CLS
ARMATO LE ARMATURE SONO
PROTETTE CONTRO LA
CORROSIONE DALLA NATURALE
ALCALINITA' DEL CLS**

**CONDIZIONI DI INNESCO DELLA
CORROSIONE:**

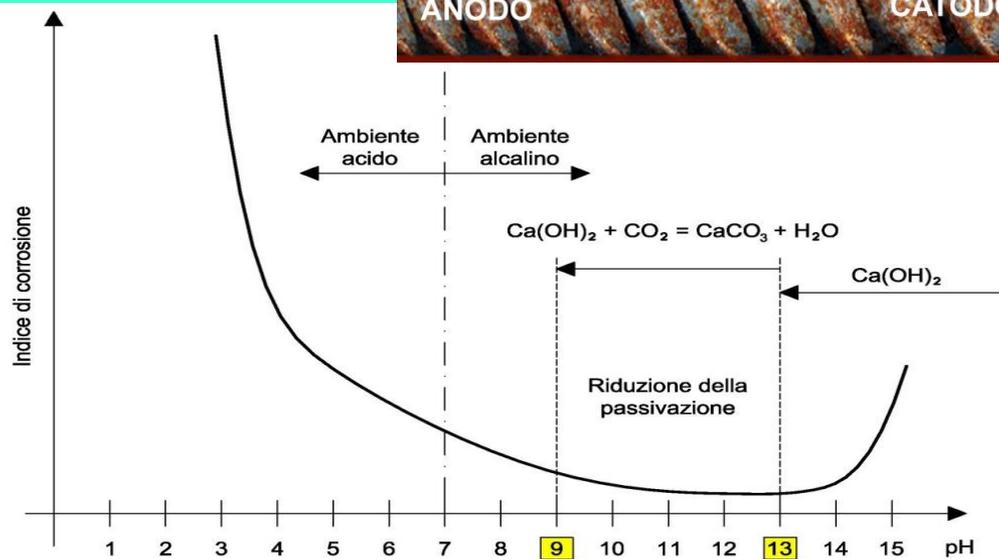
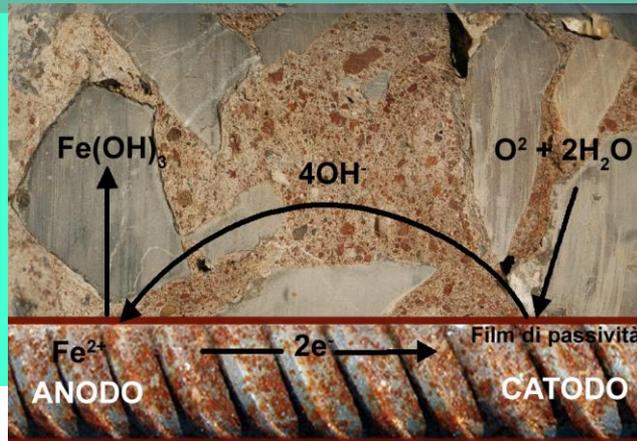
- PRESENZA DI UMIDITA'**
- ASSENZA DELLO STRATO
PASSIVANTE, INTACCATO
DALLA CARBONATAZIONE O
DAI CLORURI**
- PRESENZA DI OSSIGENO E GAS
ATMOSFERICI**



CAUSE CHIMICHE - CARBONATAZIONE

CORROSIONE DA CARBONATAZIONE

**OSSIDO DI FERRO
4-6 VOLTE
IL VOLUME
DEL FERRO**



COMPOSIZIONE CEMENTI

- ❑ OSSIDO DI CALCIO (CaO): 63-67%
- ❑ SILICE 20-24%
- ❑ ALLUMINA E OSSIDI DI FERRO 7-11%

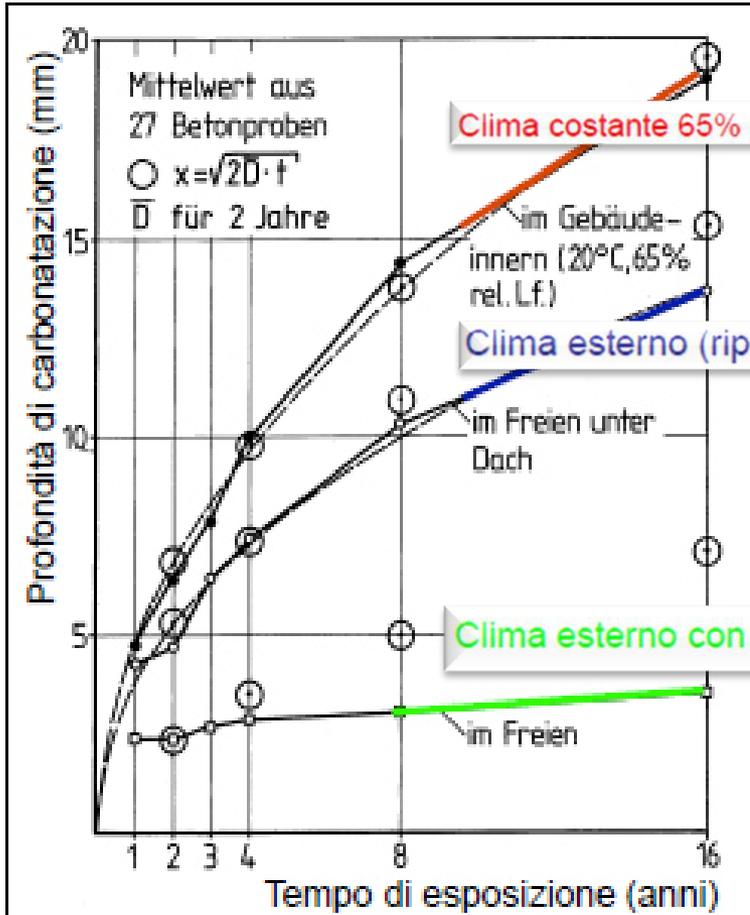
**REAZIONE CHIMICA TRA CEMENTO ED ACQUA
PRODOTTO COLLOIDALE CON SILICATI IDRATI
DI CALCIO E CRISTALLI DI PORTLANDITE**



**CRISTALLI DI
PORTLANDITE**

IMMAGINE MICROSCOPIO A SCANSIONE SEM

CINETICA DELLA CARBONATAZIONE



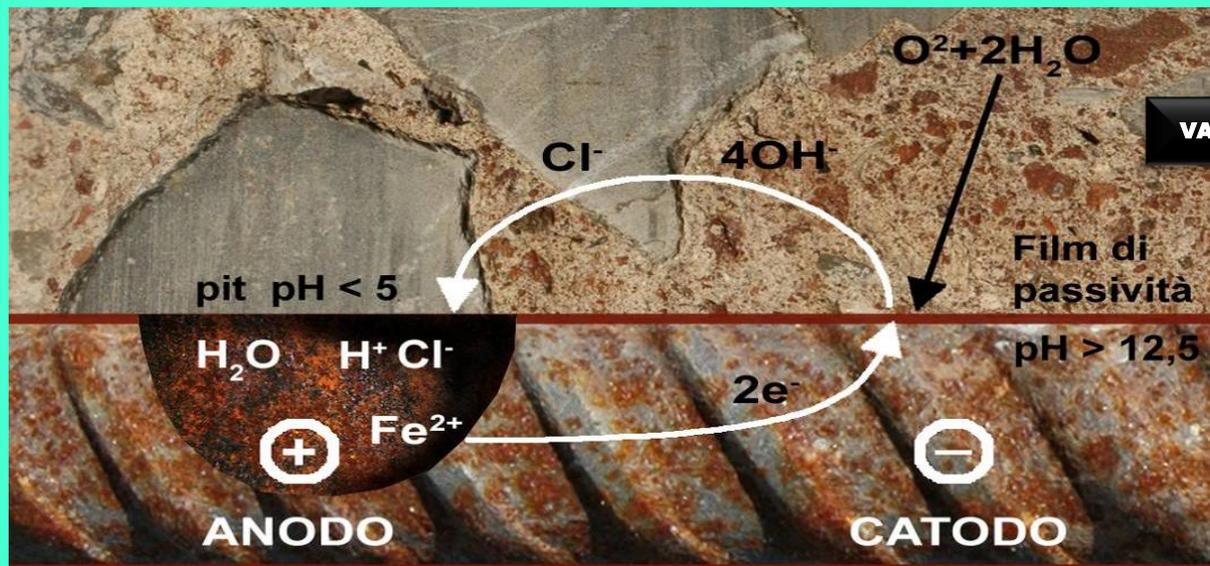
A/C-C	5	10	15	20	25	30
0,45	19	75	+100	+100	+100	+100
0,50	6	25	56	99	+100	+100
0,55	3	12	27	49	76	+100
0,60	1,8	7	16	29	45	65
0,65	1,5	6	13	23	36	52
0,70	1,2	3	11	19	30	43

**DURATA IN ANNI PRIMA AVVIO
 CARBONATAZIONE IN FUNZIONE DEL
 RAPPORTO A/C E C= SPESSORE
 COPRIFERRO IN mm**

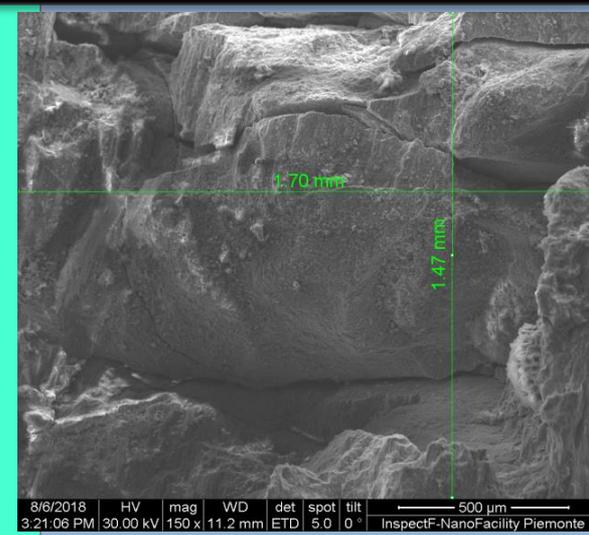
**ANDAMENTO DELLA
 CARBONATAZIONE
 NEL TEMPO**

$$s = K * t^{1/n}$$

CAUSE CHIMICHE – CLORURI



VALORE CRITICO CLORURI 0,4-1 % MASSA CEMENTO



**ROTTURA LOCALIZZATA
COMPLESSI FERROCLORURICI
CLORURO FERRICO**

GLI IONI CLORO PENETRANO NELLE POROSITA' DEL CALCESTRUZZO GENERANDO CRATERI PIT CON FORMAZIONE DI OSSIDI DI FERRO



VELOCITA' DI CORROSIONE	
Trascurabile se è inferiore a	1,5 $\mu\text{m}/\text{anno}$
Bassa se è compresa tra	1,5 ÷ 5 $\mu\text{m}/\text{anno}$
Moderata se è compresa tra	5 ÷ 10 $\mu\text{m}/\text{anno}$
Intermedia tra	10 ÷ 50 $\mu\text{m}/\text{anno}$
Alta tra	50 ÷ 100 $\mu\text{m}/\text{anno}$
Elevatissima per valori superiori a	100 $\mu\text{m}/\text{anno}$

CAUSE CHIMICHE PRINCIPALI

CONTATTO CON L'ACQUA

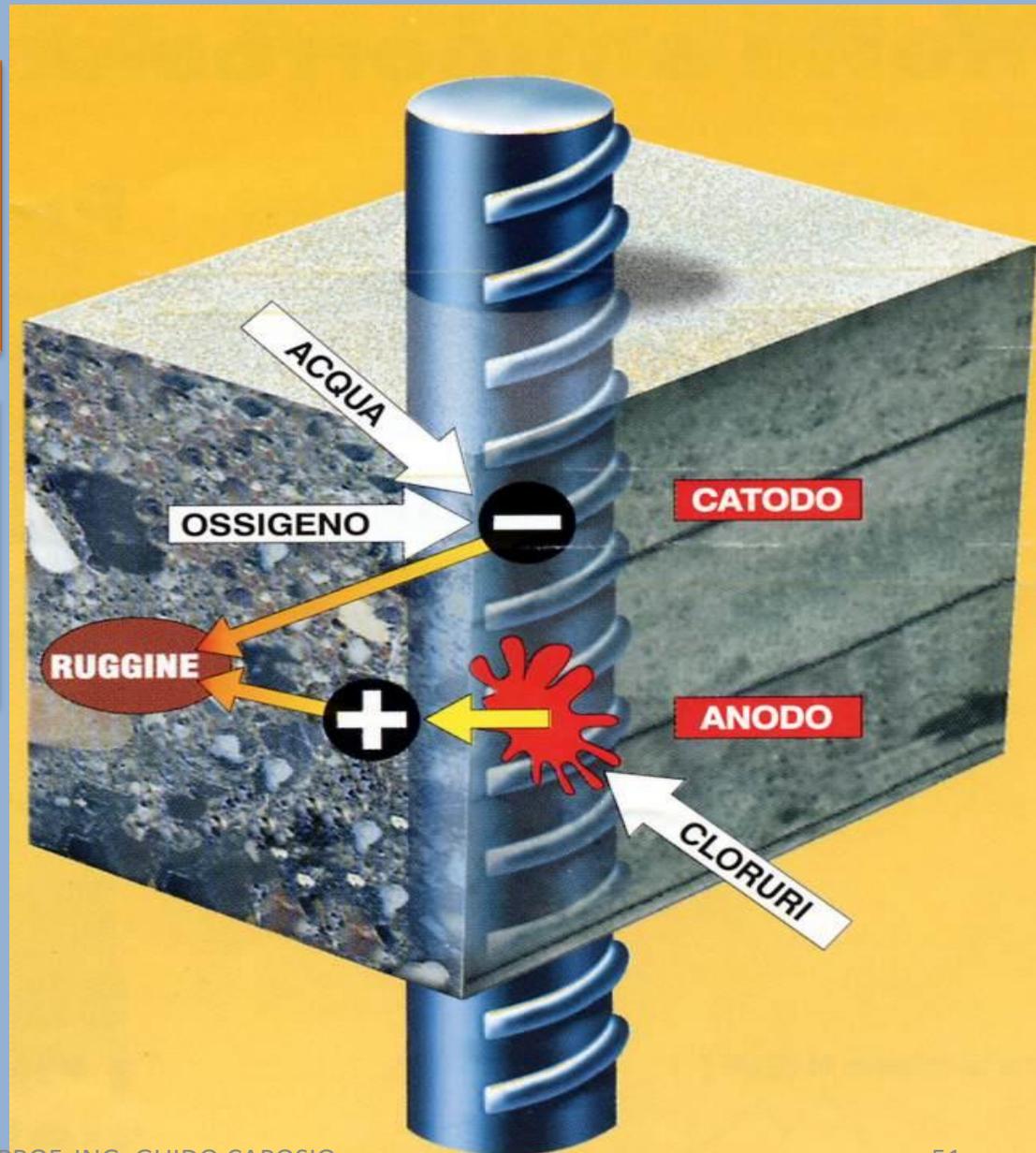
IL FERRO E' NATURALMENTE INSTABILE
L'ACCIAIO ORIGINARIAMENTE NEUTRO
TENDE A CARICARSI NEGATIVAMENTE A
CAUSA DELLA PERDITA DI IONI POSITIVI. DI
CONSEGUENZA LA SOLUZIONE ACQUOSA
CHE CIRCONDA IL METALLO SI CARICHERA'
POSITIVAMENTE

CONTATTO CON L'OSSIGENO

L'OSSIGENO E L'ACQUA ACQUISTANO LE
CARICHE NEGATIVE CEDUTE DAL FERRO.
LA CONSEGUENZA FORMAZIONE DI
IDROSSIDO DI FERRO E' IL PRIMO PASSO
VERSO LA CORROSIONE

CONTATTO CON I CLORURI

GLI IONI CLORO RAGGIUNGONO LA
SUPERFICIE DELLE ARMATURE PER
DIFFUSIONE O PER CAPILLARITA' E
INTACCANO LOCALMENTE IL FILM
PASSIVANTE, DANDO COSI' INIZIO AL
FENOMENO CORROSIVO



EFFETTI DEGRADO DIRETTO

FESSURE NEL COPRIFERRO

SPANCIAMENTO LOCALE DEL COPRIFERRO

TOTALE DELAMINAZIONE DEL COPRIFERRO

***RIDUZIONE ADERENZA ARMATURE, CON GRAVI
CONSEGUENZE STRUTTURALI***

***DEFORMAZIONE PROGRESSIVA DELLA
STRUTTURA***

ALTRE CAUSE DI DEGRADO DELL'OPERA D'ARTE

NON CORRETTA O DANNEGGIATA IMPERMEABILIZZAZIONE IMPALCATO

INSUFFICIENTE, OCCLUSO DRENAGGIO DELLE ACQUE METEORICHE

GIUNTI DANNEGGIATI, NON CORRETTI O NON ADEGUATI

APPOGGI INVECCHIATI, NON CORRETTI O NON ADEGUATI

PRESENZA DI SALI DISGELANTI SULL' IMPALCATO (CLORURI)

OPERA IN AMBIENTE MARINO (CLORURI)

CARATTERISTICHE IDRO-GEOLOGICHE DEL TERRITORIO ATTRAVERSATO

ALTERAZIONE DEL REGIME IDRAULICO

TECNOLOGIA STORICA COSTRUZIONE C.A.P.

ESEMPIO DELLE CAUSE DI DEGRADO DEI MATERIALI , ERRATA MANUTENZIONE E CROLLO DELL'OPERA (VIADOTTO IN CAP A CAVI POST-TESI)

D = dreno

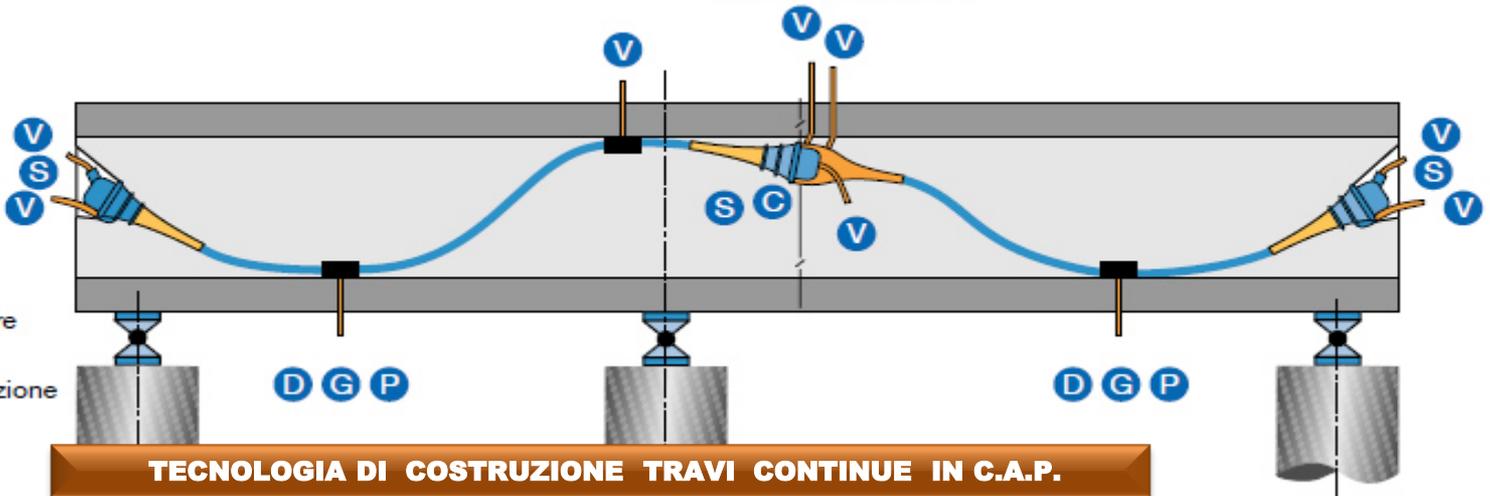
V = sfiato

G = attacco d'iniezione

C = accoppiatore

S = ancoraggio a tendere

P = attacco di post-iniezione



**NON CORRETTA O DANNEGGIATA IMPERMEABILIZZAZIONE IMPALCATO
CON TRAVI IN C.A.P. STORICHE E PERMEAZIONE ACQUE DAI TUBI DI SFIATO**



**CORROSIONE CAVI DI PRECOMPRESSIONE PER NON CORRETTA O DANNEGGIATA IMPERMEABILIZZAZIONE
IMPALCATO CON TRAVI IN C.A.P. STORICHE E PERMEAZIONE NELLE GUAINE DI ACQUE DAI TUBI DI SFIATO**



CONDIZIONI DI STABILITA' : INDICATORI DI STATO

PARAMETRI DI CONFRONTO CON GLI ELEMENTI DI VALUTAZIONE



- ELEMENTI VALUTAZIONE**
- GEOMETRIA DELL'OPERA
 - PARTICOLARI COSTRUTTIVI
 - LIVELLO DEGRADO
 - PROPRIETA' MECCANICHE MATERIALI ORIGINALI E ATTUALI
 - CARATTERISTICHE GEOTECNICHE STRATIGRAFICHE E PARAMETRI MECCANICI
 - SIMULAZIONI DI VERIFICA DEL DEGRADO

INDICATORI STATO CON VALUTAZIONE

DIRETTA
INTEGRATA
GLOBALE

**SICUREZZA
STRUTTURALE**

*Domanda prestazione
inferiore uguale alla
Capacità di prestazione*

STATO LIMITE ULTIMO

STATO LIMITE È LA CONDIZIONE SUPERATA LA QUALE L'OPERA NON SODDISFA PIÙ LE ESIGENZE PER LE QUALI È STATA PROGETTATA.

IL SUPERAMENTO DI UNO STATO LIMITE ULTIMO HA CARATTERE IRREVERSIBILE E SI DEFINISCE COLLASSO.

SICUREZZA NEI CONFRONTI DI STATI LIMITE ULTIMI : CAPACITÀ DI EVITARE CROLLI, PERDITE DI EQUILIBRIO E DISSESTI GRAVI, TOTALI O PARZIALI, CHE POSSANO COMPROMETTERE L'INCOLUMITÀ DELLE PERSONE OVVERO COMPORTARE LA PERDITA DI BENI, OVVERO PROVOCARE GRAVI DANNI AMBIENTALI E SOCIALI, OVVERO METTERE FUORI SERVIZIO L'OPERA D'ARTE.

PARAMETRO DI CONFRONTO : SICUREZZA STRUTTURALE

SICUREZZA STRUTTURALE

Domanda prestazione inferiore uguale alla Capacità di prestazione

STATO LIMITE ULTIMO

STATO LIMITE DI ESERCIZIO

IL SUPERAMENTO DI UNO STATO LIMITE DI ESERCIZIO PUÒ AVERE CARATTERE REVERSIBILE O IRREVERSIBILE.

PER GLI ASPETTI FUNZIONALI INERENTI DIRETTAMENTE LO STATO TENSIONALE DEI MATERIALI LA CONDIZIONE È ANCORA EFFICACE, PER ALTRI NON DEL TUTTO, MA LA PRESTAZIONE GLOBALE DELL'OPERA D'ARTE PER L'ESERCIZIO È ANCORA GARANTITA.

SICUREZZA NEI CONFRONTI DI STATI LIMITE DI ESERCIZIO : CAPACITÀ DI GARANTIRE LE PRESTAZIONI PREVISTE PER LE CONDIZIONI DI

ESERCIZIO.

PRESTAZIONALI

SICUREZZA ANTINCENDIO

LA CAPACITÀ DI GARANTIRE, IN CASO D'INCENDIO, LA PRESTAZIONE STRUTTURALE, PER TUTTO IL PERIODO DI VITA UTILE.

LA FINALITÀ È QUELLA DI GARANTIRE RESISTENZA E STABILITÀ DEGLI ELEMENTI PORTANTI DURANTE L'EVENTO, NONCHÉ LIMITAZIONE DELLA PROPAGAZIONE DEL FUOCO .

PARAMETRO DI CONFRONTO : ASPETTI PRESTAZIONALI

SICUREZZA ANTINCENDIO

PRESTAZIONALI

DURABILITA'

DURABILITÀ DI UN'OPERA D'ARTE E' LA CAPACITÀ DA PARTE DELL' OPERA STESSA, PRODOTTI E MATERIALI COSTITUENTI, DI MANTENERE NEL TEMPO, ENTRO LIMITI ACCETTABILI PER LE ESIGENZE DI SERVIZIO, I VALORI DELLE CARATTERISTICHE FUNZIONALI E DEI LIVELLI PRESTAZIONALI .

MATERIALI E PRODOTTI, PER POTER ESSERE UTILIZZATI NELLE OPERE PREVISTE , DEVONO ESSERE SOTTOPOSTI A PROCEDURE E PROVE SPERIMENTALI DI ACCETTAZIONE.

I parametri di valutazione della durabilità sono :

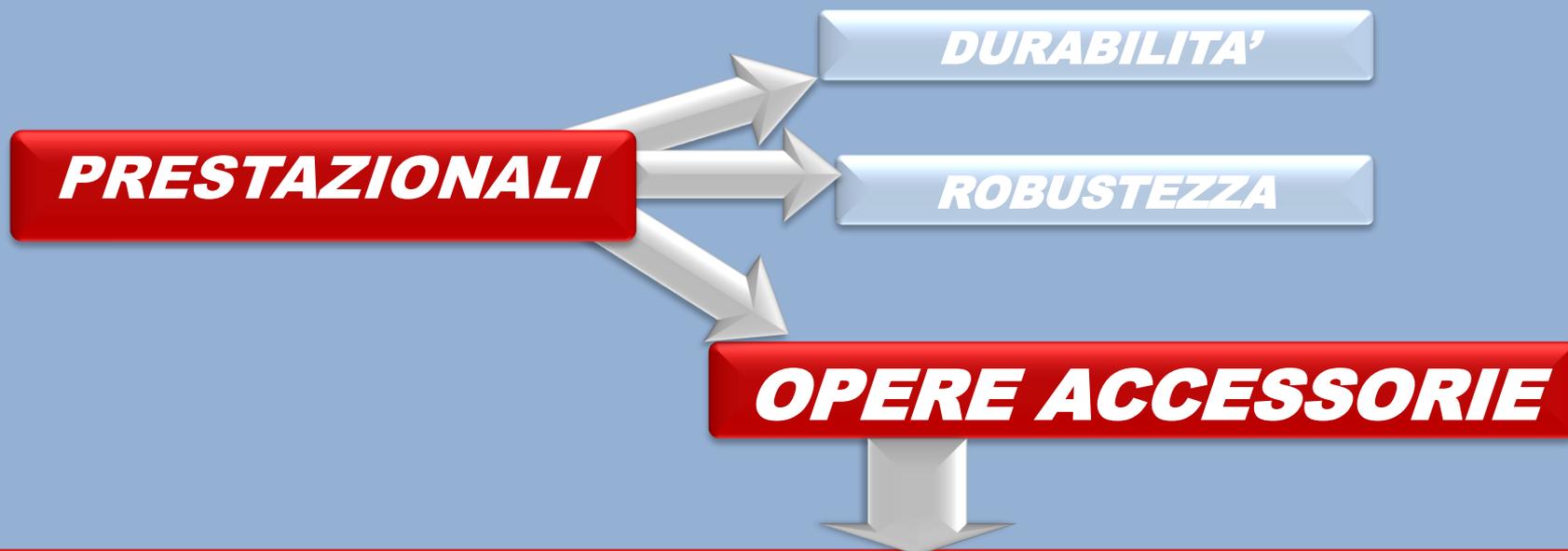
la vita utile (service life) :il periodo di tempo, dopo l'esecuzione, durante il quale l'opera o le sue parti mantengono livelli prestazionali superiori o uguali ai limiti di accettazione;

l'affidabilità dell'insieme dell'opera o di singoli componenti :probabilità che il sistema funzioni, senza guasti, ad un livello predisposto, per un certo tempo e in predeterminate condizioni ambientali.



LA ROBUSTEZZA NEI CONFRONTI DI AZIONI ECCEZIONALI È LA CAPACITÀ DI EVITARE DANNI SPROPORZIONATI RISPETTO ALL'ENTITÀ DELLE CAUSE INNESCANTI QUALI INCENDIO, ESPLOSIONI, URTI, SVIO.

PARAMETRO DI CONFRONTO : ASPETTI PRESTAZIONALI



- IMPERMEABILIZZAZIONE, PROTEZIONE TOTALE DAL DEGRADO DELL'OPERA D'ARTE**
- GIUNTI IN CORRISPONDENZA DELLE INTERRUZIONI STRUTTURALI**
- OPERE PER LO SMALTIMENTO LIQUIDI DA SVERSAMENTO, DA PIOGGIA, DA SNEVAMENTO**
- DISPOSITIVI PER LA ISPEZIONABILITÀ E MANUTENIBILITÀ DELL'OPERA**
- VANI PER CONVOGLIAMENTO DI CONDOTTE E CAVIDOTTI**
- DISPOSITIVI DI RITENUTA**

LE LINEE GUIDA PER LA CLASSIFICAZIONE E GESTIONE DEL RISCHIO, VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA E MONITORAGGIO DEI PONTI ESISTENTI

ALLEGATE AL PARERE DEL CSLP N.88/2019 SPERIMENTAZIONE PER 18 MESI

LE LINEE GUIDA ILLUSTRANO UNA PROCEDURA PER LA GESTIONE DELLA SICUREZZA DEI PONTI ESISTENTI, AI FINI DI PREVENIRE LIVELLI INADEGUATI DI DANNO, RENDENDO ACCETTABILE IL RISCHIO.

LA CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO O, MEGLIO, LA CLASSE DI ATTENZIONE SI INQUADRA IN UN APPROCCIO GENERALE MULTILIVELLO CHE DAL SEMPLICE CENSIMENTO DELLE OPERE D'ARTE DA ANALIZZARE ARRIVA ALLA DETERMINAZIONE DI UNA CLASSE DI ATTENZIONE SULLA BASE DELLA QUALE SI PERVERRÀ, NEI CASI PREVISTI DALLA METODOLOGIA STESSA, ALLA VERIFICA DI SICUREZZA

- CENSIMENTO E LA CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO**
- LA VERIFICA DELLA SICUREZZA**
- LA SORVEGLIANZA E MONITORAGGIO DEI PONTI E DEI VIADOTTI ESISTENTI (CON LUCE COMPLESSIVA SUPERIORE AI 6.0 m)**
- VERIFICA DELLA SICUREZZA**

LE LINEE GUIDA PER LA CLASSIFICAZIONE E GESTIONE DEL RISCHIO, VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA E MONITORAGGIO DEI PONTI ESISTENTI

PARTE I

1. INTRODUZIONE

2. LIVELLO 0. CENSIMENTO DELLE OPERE

2.1 OBIETTIVI DEL CENSIMENTO

2.2 MODALITÀ DI ACQUISIZIONE E DI RAPPRESENTAZIONE DEI DATI

3. LIVELLO 1. ISPEZIONI VISIVE E SCHEDE DI DIFETTOSITÀ

3.1 MODALITÀ E FINALITÀ DELLE ISPEZIONI VISIVE

3.2 SCHEDE DI RILIEVO E VALUTAZIONE DEI DIFETTI

3.3 DEFINIZIONE DEGLI ELEMENTI CRITICI

3.4 SCHEDA FRANE E IDRAULICA

3.5 CASI IN CUI SONO NECESSARIE VALUTAZIONI ACCURATE E DI DETTAGLIO: DAL LIVELLO 1 AL LIVELLO 4

3.6 ISPEZIONI SPECIALI

4. LIVELLO 2. ANALISI DEI RISCHI RILEVANTI E

CLASSIFICAZIONE SU SCALA TERRITORIALE

4.1 STRUTTURA GENERALE DEL METODO DI CLASSIFICAZIONE DELLA CLASSE DI ATTENZIONE

4.2 CLASSE DI ATTENZIONE STRUTTURALE E FONDAZIONALE

4.3 CLASSE DI ATTENZIONE SISMICA

4.4 CLASSE DI ATTENZIONE ASSOCIATA AL RISCHIO FRANE

4.5 CLASSE DI ATTENZIONE ASSOCIATA AL RISCHIO IDRAULICO DEGLI ATTRAVERSAMENTI FLUVIALI

4.6 ANALISI MULTI-RISCHIO E DEFINIZIONE DELLA CLASSE DI ATTENZIONE COMPLESSIVA

5. LIVELLO 3: VALUTAZIONE PRELIMINARE DELL'OPERA

PARTE II

6. LIVELLO 4: VERIFICA ACCURATA

6.1. CONCETTI FONDAMENTALI E STRATEGIE PER LA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

6.1.1. LA NORMATIVA VIGENTE

6.1.2. IL RUOLO FONDAMENTALE DELLA CONOSCENZA

6.1.3. LA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA E RELATIVI PROVVEDIMENTI

6.1.4. CASI IN CUI È NECESSARIA LA VALUTAZIONE DI SICUREZZA

6.1.5. LIVELLI DI VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

6.2. LA CONOSCENZA DEL PONTE

6.2.1. IL PERCORSO ITERATIVO DELLA CONOSCENZA

6.2.2. INDAGINI PER LA CARATTERIZZAZIONE DEI DETTAGLI COSTRUTTIVI E DEI MATERIALI

6.2.3. LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA

6.2.4. PONTI METALLICI STORICI

6.3. MODALITÀ OPERATIVA DI VERIFICA

6.3.1. IPOTESI E FINALITÀ DEI LIVELLI DI VALUTAZIONE

6.3.2. VALUTAZIONE DELLE AZIONI

6.3.3. VALORI DI PROGETTO DELLE AZIONI

6.3.4. VALORI DI PROGETTO DELLE CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MATERIALI

6.3.5. VERIFICHE DI SICUREZZA

PARTE III

7. SISTEMA DI SORVEGLIANZA E MONITORAGGIO

7.1. INTRODUZIONE

7.2. IL SISTEMA DI SORVEGLIANZA

7.3. IL SISTEMA DI IDENTIFICAZIONE

7.4. LE ISPEZIONI

7.5. PROVE DI CARICO STATICHE E RILIEVI DINAMICI

7.6. MONITORAGGIO STRUMENTALE (SHM)

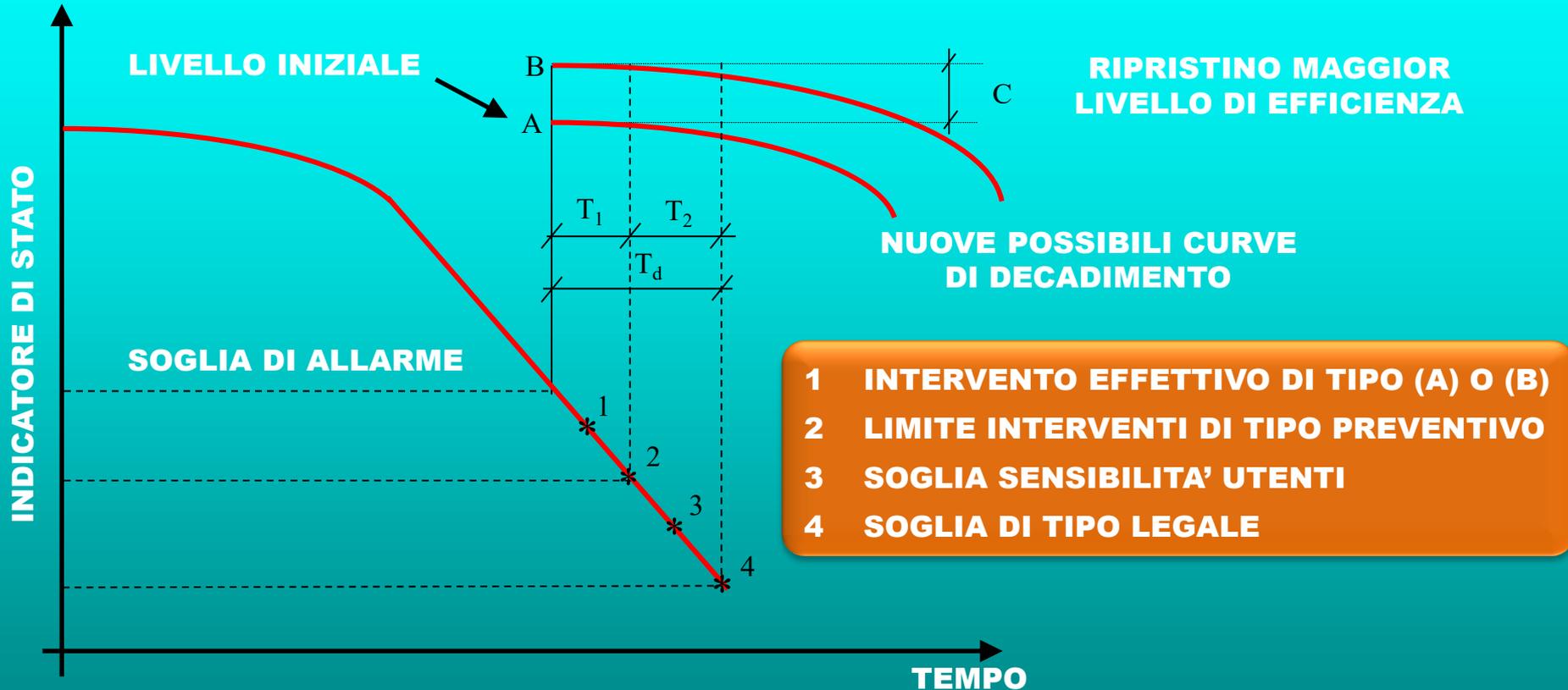
7.7. INDICATORI NUMERICI E MODELLI DI DEGRADO

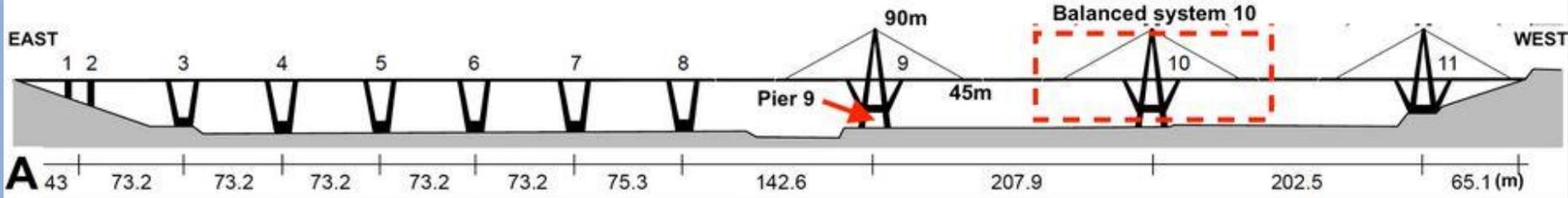
7.8. SOFTWARE PER LA GESTIONE DEI PONTI (BMS)

8. BIBLIOGRAFIA

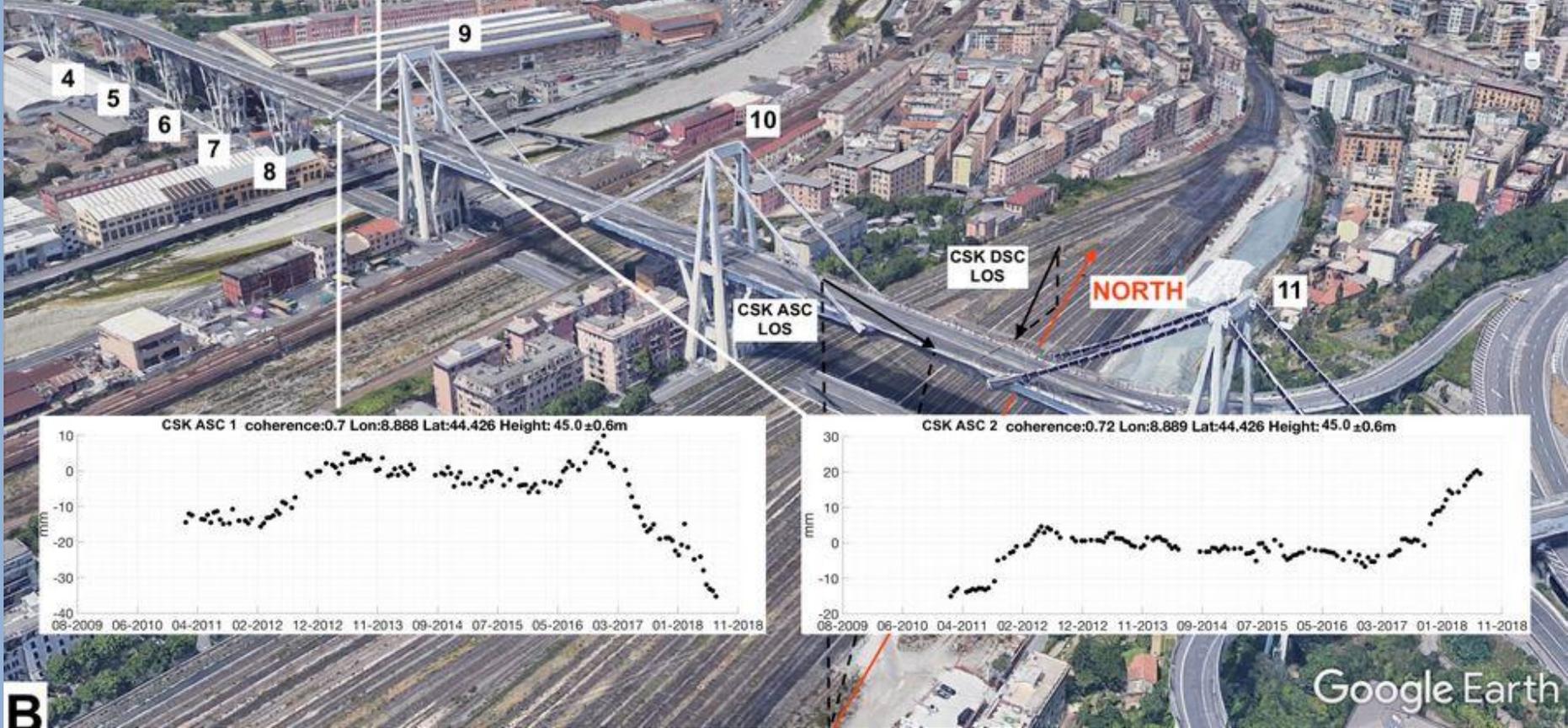
CAP. VI MONITORAGGIO DECADIMENTO REQUISITI ORDINARI

DECADIMENTO DI INDICATORE DI STATO SULLA VIA DI CORSA ORDINARIA E SPECIALIZZATA E INTERVENTO MANUTENTIVO





A 43 73.2 73.2 73.2 73.2 73.2 75.3 142.6 207.9 202.5 65.1 (m)



B

Google Earth

DEFORMAZIONE (24h) DEL MANHATTAN BRIDGE (NEW YORK)

