



Società per Azioni Autostrada Brescia Verona Vicenza Padova
 Via Flavio Gioia 71 37135 Verona
 tel. 0458272222 Fax 0458200051 Casella Postale 460M www.autobspd.it
 AREA COSTRUZIONI AUTOSTRADALI



AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD

PROGETTO PRELIMINARE

CUP G19J1 00001 40005

COMMESSA 25 2005

COMMITTENTE



S.p.A. AUTOSTRADA BRESCIA VERONA VICENZA PADOVA
 Area Costruzioni Autostradali

CAPO COMMESSA
 PER LA PROGETTAZIONE
 Dott. Ing. Sergio Mutti

PROGETTISTA



CONSORZIO RAETIA

CAPO PROGETTO:
 Dott. Ing. Massimo Raccosta

RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE TRA LE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:
 Dott. Ing. Massimo Raccosta

RESPONSABILE DEL COORDINAMENTO:
 Dott. Ing. Andrea Renso

ELABORATO **PROGETTO DEL TRACCIATO SCELTO**
 Tracciato
 Sezioni tipo
 Relazione tecnica e di calcolo della pavimentazione

Progressivo Rev.

06	01	07	001	A0
----	----	----	-----	----

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Controllo	Approvazione	SCALA -
00	Agosto 2011	Prima Emissione	TECHNITAL	V. Reale	A. Renso	NOME FILE 2505_060107001_0101_0PP_A0.dwg
AO	Settembre 2011	Verifica art. 112 D. Lgs 163/06	TECHNITAL	V. Reale	A. Renso	CM 2505 ELAB. 060107001
						Fg. 0101 LIV. 0PP REV. A0

**AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO
TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE**

Committente:



Progettazione:

CONSORZIO RAETIA



PROGETTO PRELIMINARE

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO DELLA PAVIMENTAZIONE

INDICE

1	PREMESSA	2
2	LA SOLUZIONE TECNICA MIGLIORATIVA PROPOSTA	3
	2.1 INTRODUZIONE	3
	2.2 ANALISI DEL TRAFFICO E DEI CARICHI	4
	2.3 ANALISI TENSO-DEFORMATIVA DELLA PAVIMENTAZIONE	6
	2.3.1 <i>Specifiche</i>	7
	2.3.2 <i>Analisi</i>	7
	2.3.3 <i>Verifica a fatica</i>	8
3	LE SOLUZIONI TECNOLOGICHE MIGLIORATIVE PROPOSTE	10
	ALLEGATO 1	19
	TABULATI DI CALCOLO DELLA SOLUZIONE TECNICA MIGLIORATIVA PROPOSTA	19

1 PREMESSA

Nella presente relazione, in aggiunta alla descrizione della configurazione originaria, si illustrano le possibili varianti tecniche e tecnologiche migliorative per la sovrastruttura stradale da impiegare nel progetto del tronco Trento - Valdastico - Piovene Rocchette dell'autostrada A31 Trento - Rovigo.

La soluzione originaria, di tipo semirigida, prevede i seguenti strati (figura 1):

- usura in conglomerato bituminoso drenante: 5 cm;
- collegamento (binder) in conglomerato bituminoso: 7 cm;
- base in conglomerato bituminoso: 25 cm;
- base in misto cementato: 25 cm.

Semirigida - spessore cm 62

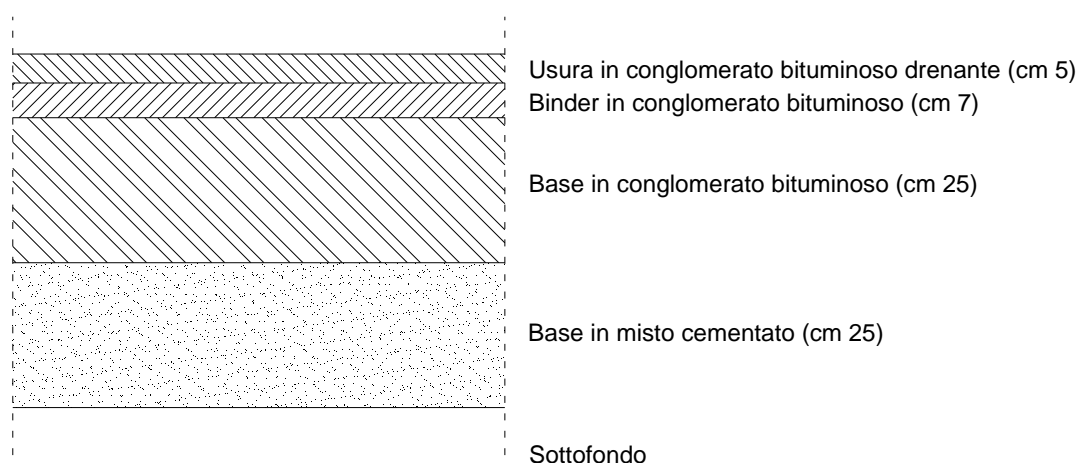


Figura 1: soluzione iniziale

Partendo dalla configurazione descritta, che è comunque adeguata ai requisiti di progetto, si sono studiate, e vengono illustrate nella presente relazione, le possibili varianti tese a conseguire benefici economici (riduzioni di spessori a parità di composizione del pacchetto) ed economico-funzionali (riduzioni di spessori ed adozione di materiali innovativi ad alte prestazioni). Queste modifiche che, se recepite favorevolmente, verranno eventualmente sviluppate in sede di Progetto Definitivo, e che per ora sono descritte e calcolate a scopo illustrativo comprendono:

- A. una soluzione tecnica migliorativa, mirata ad ottimizzare la sovrastruttura stradale dal punto di vista della riduzione degli spessori di alcuni strati, di cui si riporta il calcolo eseguito con il metodo razionale o degli strati, mediante il software BISAR;
- B. soluzioni tecnologiche migliorative (materiali innovativi), volte ad ottimizzare il pacchetto stradale al fine di ottenere un miglioramento in termini di prestazioni dei materiali con conseguenti vantaggi manutentivi, ambientali e delle condizioni di lavoro.

2 LA SOLUZIONE TECNICA MIGLIORATIVA PROPOSTA

2.1 INTRODUZIONE

Questa soluzione, che prevede la sola ottimizzazione dello spessore degli strati, è così configurata (figura 2):

- usura in conglomerato bituminoso drenante: 5 cm;
- collegamento (binder) in conglomerato bituminoso: 5 cm;
- base in conglomerato bituminoso: 22 cm;
- base in misto cementato: 25 cm.

Semirigida - spessore cm 57

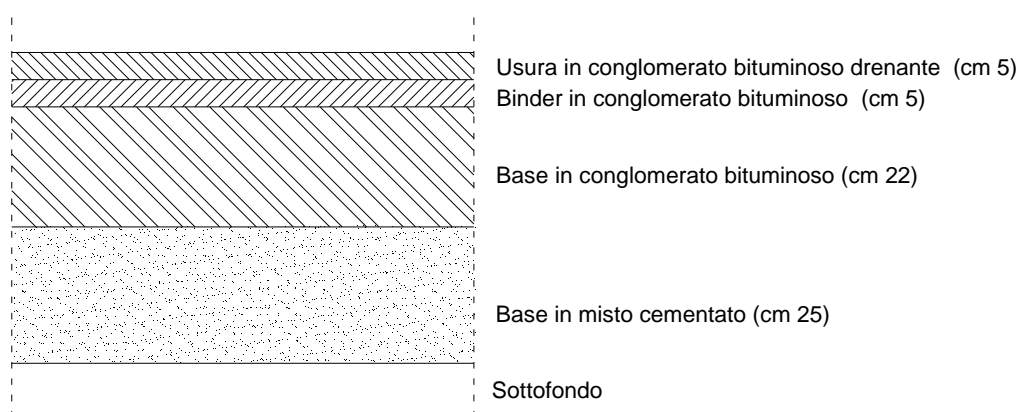


Figura 2: soluzione tecnica migliorativa proposta

2.2 ANALISI DEL TRAFFICO E DEI CARICHI

Il dimensionamento mediante calcolo “a fatica” di una sovrastruttura stradale richiede la previsione dei carichi che questa dovrà sopportare durante la sua vita utile e quindi del traffico veicolare, in particolar modo di quello pesante in quanto le autovetture e gli autocarri di piccole dimensioni non sono significativi ai fini del calcolo.

Non esiste un criterio Normativo che stabilisca un valore minimo per la vita utile di una sovrastruttura stradale ma, nella pratica corrente, si assume convenzionalmente un valore pari a 20 anni. Le verifiche che seguono sono pertanto basate su questo criterio.

I dati di traffico utilizzati sono quelli ottenuti dalle previsioni effettuate per lo scenario di progetto (anno 2031) nell'ipotesi di alta espansione (tabella 1).

		TGM leggero [veic/gg]	TGM pesante [veic/gg]	TGM totale [veic/gg]
Giorno feriale medio	Piovene Rocchette - Velo d'Astico	20800	5261	26061
	Velo d'Astico - Lastebasse	14056	5250	19306
	Lastebasse - Interconnessione Besenello	16722	6078	22800
	Veicoli teorici	16393	5681	22074
Giorno festivo	Piovene Rocchette - Velo d'Astico	27856	794	28650
	Velo d'Astico - Lastebasse	24844	794	25639
	Lastebasse - Interconnessione Besenello	27489	794	28283
	Veicoli teorici	26642	794	27436

Tabella 1: tracciato T4, scenario di progetto (2031), ipotesi di espansione alta

L'eterogeneità del traffico veicolare pesante richiede di rapportare gli effetti prodotti da un dato carico ad una sola tipologia di carico. Attraverso il calcolo del numero di assi standard equivalenti (*E.S.A., Equivalent Standard Axle*) è possibile omogeneizzare, rispetto ad un asse di riferimento, i carichi che agiscono su una determinata pavimentazione stradale, in modo da potere poi confrontare il numero di tali assi standard (N_{ESA}) con quelli che la pavimentazione è in grado di sopportare nell'arco dell'intera vita utile (N_{MAX}). Per calcolare la sovrastruttura, utilizzando un unico carico di riferimento, è necessario determinare il coefficiente di equivalenza totale del veicolo generico (EF_{TOT}), con la seguente metodologia:

- individuazione della distribuzione frazionale dei tipi di veicoli (p_j) componenti il traffico;
- determinazione, limitatamente ai soli veicoli commerciali (tara > 15 kN), del coefficiente di equivalenza del singolo veicolo appartenente alla classe j-esima (EF_j), come somma dei coefficienti di equivalenza dei suoi assi, siano essi singoli, tandem o tridem;
- coefficiente di equivalenza totale (EF) riferito alle m tipologie di veicoli commerciali transitanti sulla sovrastruttura dato dalla sommatoria:

$$EF_{TOT} = \sum_{j=1,m} p_j \cdot EF_j$$

da cui è possibile calcolare: $N_{ESA} = EF_{TOT} \cdot TGM$

Le percentuali delle singole tipologie di veicoli sono state calcolate sulla base di quanto esposto nella CNR B.U. 178/95 "Catalogo delle pavimentazioni stradali" che indica:

- gli spettri tipici dei veicoli commerciali con la frequenza espressa in percentuale (tabella 2).
- le tipologie dei veicoli, il numero di assi e la distribuzione di carichi per asse (tabella 3);

Tipo di strada	Tipo di veicolo															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1. autostrade extraurbane	12	-	24,4	14,6	2,4	12,2	2,4	4,9	2,4	4,9	2,4	4,9	0,1	-	-	12,2
2. autostrade urbane	18,2	18,2	16,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,6	18,2	27,3	-
3. strade extraurbane principali e secondarie a forte traffico	-	13,1	39,5	10,5	7,9	2,6	2,6	2,5	2,6	2,5	2,6	2,6	0,5	-	-	10,5
4. strade extraurbane secondarie ordinarie	-	-	58,8	29,4	-	5,9	-	2,8	-	-	-	-	0,2	-	-	2,9
5. strade secondarie turistiche	24,5	-	40,8	16,3	-	4,15	-	2	-	-	-	-	0,05	-	-	12,2
6. strade urbane di scorrimento	18,2	18,2	16,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,6	18,2	27,3	-
7. strade di quartiere e locali	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	-	-
8. corsie preferenziali	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47	53	-

Tabella 2: CNR B.U. 178/95 "Catalogo delle Pavimentazioni stradali" – spettri di traffico

AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO
TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE

Tipo di veicolo	N° di assi	Distribuzione dei carichi per asse in KN								
Autocarri leggeri	2	↓10			↓20					
Autocarri leggeri	2	↓15			↓30					
Autocarri medi e pesanti	2	↓40			↓80					
Autocarri medi e pesanti	2	↓50			↓110					
Autocarri pesanti	3	↓40			↓80	↓80				
Autocarri pesanti	3	↓60			↓100	↓100				
Autotreni e autoarticolati	4	↓40			↓90		↓80			↓80
Autotreni e autoarticolati	4	↓60			↓100		↓100			↓100
Autotreni a autoarticolati	5	↓40	↓80	↓80					↓80	↓80
Autotreni e autoarticolati	5	↓60	↓90	↓90					↓100	↓100
Autotreni e autoarticolati	5	↓40	↓100					↓80	↓80	↓80
Autotreni e autoarticolati	5	↓60	↓110					↓90	↓90	↓90
Mezzi d'opera	5	↓50	↓120					↓130	↓130	↓130
Autobus	2	↓40			↓80					
Autobus	2	↓60			↓100					
Autobus	2	↓50			↓80					

Tabella 3: CNR B.U. 178/95 "Catalogo delle Pavimentazioni stradali" – tipi di veicoli organizzati ai fini della progettazione stradale di pavimentazioni

Per quanto riguarda il tracciato in esame, classificabile come autostrada extraurbana (tipo 1), l'analisi condotta fornisce un *Equivalency Factor* totale pari a:

$$EF_{TOT} = \sum_{j=1,m} p_j \cdot EF_j = 2,587$$

Si ottiene, quindi, un valore di traffico cumulativo massimo pari a:

$$N_{ESA81.6kN} = EF_{TOT} \cdot TGM = 4,1 \cdot 10^7$$

$$N_{ESA120kN} = \frac{N_{ESA81.6kN}}{EF_{120kN}} = 7,2 \cdot 10^6$$

2.3 ANALISI TENSO-DEFORMATIVA DELLA PAVIMENTAZIONE

Il calcolo è stato svolto con il metodo razionale o degli strati mediante il software BISAR, prodotto dalla Shell, che schematizza la pavimentazione come un multistrato elastico, costituito da un insieme di strati sovrapposti ed appoggiati su un semispazio elastico (Sottofondo). Le ipotesi di base sono:

- gli strati hanno spessore uniforme su tutta la larghezza;
- gli strati hanno dimensione illimitata nel piano orizzontale e spessore finito, ad eccezione del sottofondo che ha anche spessore illimitato;

- nell'ambito di ogni strato il materiale é omogeneo isotropo e perfettamente elastico ed é quindi caratterizzato dalle costanti E (modulo elastico di Young) e ν (coefficiente di Poisson);
- non vi é possibilit  di scorrimento sui piani orizzontali fra i vari strati (perfetta aderenza).

Il multistrato, in particolare,   sottoposto ai carichi verticali trasmessi dalle ruote dei veicoli, che si assumono uniformemente distribuiti su superfici circolari, con pressione pari a quella di gonfiaggio dei pneumatici. I risultati ottenuti, in particolare, sono riportati nell'allegato 1.

2.3.1 Specifiche

La sovrastruttura in esame, di spessore complessivo pari a 57 cm, presenta le specifiche indicate in tabella 4.

Si suppone, in particolare, che la parte sommitale del sottofondo (per uno spessore pari a 35 cm) sia caratterizzata da un grado di compattazione tale da garantire un modulo resiliente pari a quello indicato in tabella 4.

Tipo di materiale (strato)	Spessore [m]	Modulo resiliente (E) [MPa]	Coefficiente di Poisson (ν)
Conglomerato bituminoso (usura)	0.05	4600	0.35
Conglomerato bituminoso (binder)	0.05	4600	0.35
Conglomerato bituminoso (base)	0.22	4600	0.35
Misto cementato (base)	0.25	2000	0.25
Terreno (sottofondo)	0.35	400	0.40
Terreno (sottofondo)		100	0.40

Tabella 4: materiali costituenti della sovrastruttura stradale

2.3.2 Analisi

Per quanto riguarda i carichi utilizzati si considera:

- carico asse = 120 kN;
- carico sulla singola coppia di ruote gemellate = 60 kN;
- carico su ogni ruota = 30 kN;
- pressione di gonfiaggio = 0.75 MPa.

Sono state valutate le tensioni, le deformazioni e gli spostamenti lungo i tre assi del sistema

di riferimento ed è stato verificato che:

- nel conglomerato bituminoso superficiale le sollecitazioni medie siano tali da non superare i seguenti valori:
 - in compressione: $\sigma_{\max \text{ compressione}} = - 0.96 \text{ MPa}$
 - in trazione: $\sigma_{\max \text{ trazione}} = 0.54 \text{ MPa}$.
- per evitare deformazioni plastiche di fondazione, alla sommità del sottofondo sia verificata la condizione: $\varepsilon_{\max} < 800 \mu\epsilon$;
- la deflessione massima in superficie sia inferiore al valore limite di riferimento pari a 0.1 cm

2.3.3 Verifica a fatica

La verifica a fatica prevede i seguenti passi:

- valutazione, in asse alla coppia di ruote gemellate, delle tensioni in sommità del sottofondo e determinazione della tensione ammissibile per $N_{ESA120kN}$ passaggi di un asse da 120 kN mediante l'espressione di Kerhoven e Dormon, secondo la quale la massima sollecitazione verticale (σ) ammessa sul sottofondo è legata al numero di ripetizioni del carico (N) ed al modulo del sottofondo (E_0) dalla formula:

$$\sigma = \frac{0.006 \cdot E_0}{1 + 0.7 \cdot \log N}$$

- valutazione, in asse alla coppia di ruote gemellate, della deformazione specifica verticale alla sommità del sottofondo (ε_{zz}), al fine di valutare il numero di ripetizioni di carico possibili nello stesso mediante le relazioni sperimentali riportate nel manuale Shell:

$$\varepsilon_{zz}(85\%) = 0.021 \cdot N^{-0.25}$$

$$\varepsilon_{zz}(95\%) = 0.018 \cdot N^{-0.25}$$

La verifica si esegue utilizzando la seconda espressione, corrispondente al 95° percentile, e, se soddisfatta, significa che il livello tensionale presente nel sottofondo consente di escludere che durante la vita utile della sovrastruttura si manifestino delle deformazioni permanenti tali da comprometterne la funzionalità;

- calcolo delle deformazioni in direzione orizzontale alla base degli strati in conglomerato bituminoso e determinazione mediante la legge di Verstraeten del numero di passaggi di carico ammessi, utilizzando la massima deformazione ottenuta. La legge che si utilizza è del tipo:

$$\varepsilon_N = A \cdot N^{-\alpha}$$

essendo:

- A la deformazione per $N = 1$ ($\cong 50 \cdot 10^{-4}$);
- α un coefficiente sperimentale compreso tra 0.20 e 0.25. Si considera in seguito il valore suggerito dalla Società AUTOSTRADE $\alpha = 0.234$;
- ε_N la deformazione specifica massima in direzione radiale ammessa per N cicli di carico, espressa in forma analitica mediante la relazione:

$$\varepsilon_N = \max\{\varepsilon_{xx}^A, \varepsilon_{yy}^A, \varepsilon_{xx}^B, \varepsilon_{yy}^B\}$$

- calcolo dei valori tensionali nel misto cementato e determinazione della tensione ammissibile per $N_{ESA120kN}$ passaggi di un asse da 120 kN mediante una legge sperimentale del tipo:

$$\sigma_N = \sigma_R \cdot (1 - K \cdot \log N)$$

essendo:

- K una costante sperimentale che assume valori variabili tra $0.03 \div 0.05$. Si considera in seguito il valore $K = 0.05$;
- σ_R la resistenza a rottura del materiale per carico singolo ($N=1$). Si considera in seguito il valore $\sigma_R = 0,35$ MPa.

La tabella 5 riassume i risultati ottenuti che confermano il corretto proporzionamento della nuova proposta di pavimentazione.

	Valore limite	Valore calcolo	Esito verifica
Sollecitazioni nel cb superficiale	$\sigma_{\text{limite compressione}} = - 0.96 \text{ MPa}$	$\sigma_{\text{max}} = - 0.57 \text{ MPa}$	OK
	$\sigma_{\text{limite trazione}} = 0.54 \text{ MPa}$	$\sigma_{\text{max}} = 0.16 \text{ MPa}$	OK
Deformazioni alla sommità del Sottofondo	$\varepsilon_{\text{limite}} = 800 \mu\varepsilon$	$\varepsilon_{\text{max}} = 81 \mu\varepsilon$	OK
Deflessione massima in superficie	$\delta_{\text{limite}} = 0.1 \text{ cm}$	$\delta_{\text{max}} = 0.02 \text{ cm}$	OK
Relazione di Kerhoven e Dormon $\sigma = \frac{0.006 \cdot E_0}{1 + 0.7 \cdot \log N}$	$\sigma_{\text{limite}} = 0.10 \text{ MPa}$	$\sigma_{\text{max}} = 0.01 \text{ MPa}$	OK
Relazioni sperimentali del manuale Shell $\varepsilon_{zz}(95\%) = 0.018 \cdot N^{-0.25}$	$N_{ESA120kN} = 7.2 \cdot 10^6$	$N = 2.5 \cdot 10^9$	OK
Legge di fatica $\varepsilon_N = A \cdot N^{-\alpha}$	$N_{ESA120kN} = 7.2 \cdot 10^6$	$N = 3.65 \cdot 10^9$	OK
Misto cementato $\sigma_N = \sigma_R \cdot (1 - K \cdot \log N)$	$\sigma_{\text{limite}} = 0.23 \text{ MPa}$	$\sigma_{\text{max}} = 0.09 \text{ MPa}$	OK

Tabella 5: risultati ottenuti

3 LE SOLUZIONI TECNOLOGICHE MIGLIORATIVE PROPOSTE

Queste proposte migliorative, fondamentalmente di tipo tecnologico, riguardano le possibilità di additivazione degli strati legati a bitume al fine di migliorarne le prestazioni sia in fase di esercizio sia, in alcuni casi, di stesa. Va precisato comunque che le soluzioni illustrate, non necessariamente cumulabili in toto, potrebbero comportare una variazione degli spessori degli strati che, se richiesto, verrà quantificata in un successivo rapporto.

Proposta n. 1

Si propone l'utilizzo di conglomerati bituminosi tiepidi (Warm Mix Asphalt) sia nello strato di usura, sia in quello di collegamento.

Per conseguire gli obiettivi definiti dal protocollo di Kyoto, negli ultimi anni in ambito stradale sono state sviluppate tecnologie e materiali innovativi “ecosostenibili”. I conglomerati bituminosi “tiepidi” o “a bassa energia” si inseriscono in questa ottica in quanto consentono di ridurre le temperature di produzione e di stesa delle tradizionali tecniche a caldo, dando luogo ad un sensibile risparmio energetico e ad un cospicuo abbattimento delle emissioni, senza compromettere la qualità finale, con evidenti vantaggi in termini ambientali e di condizioni di lavoro (figure 3÷6, tabella 6).

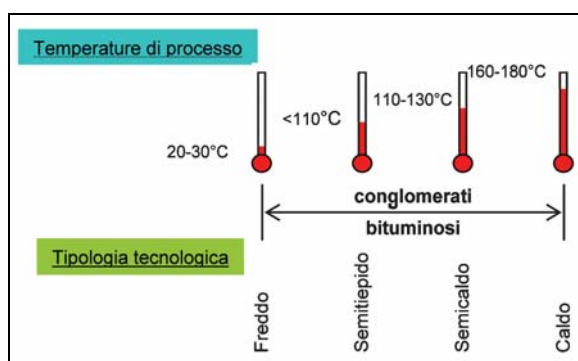


Figura 3: temperature di produzione e di stesa per conglomerati bituminosi

Salvaguardia ambientale	<ul style="list-style-type: none"> ▪ fino al 40÷50% di risparmio energetico in produzione, in quanto si utilizzano minori quantità di combustibile; ▪ fino al 40% in meno di emissioni di CO₂, 60% in meno di NO_x; ▪ fino al 50% in meno di emissioni di polveri.
Miglioramento delle condizioni di lavoro	<ul style="list-style-type: none"> ▪ minor pericolo, o addirittura assenza, di ustioni; ▪ riduzione dei fumi emessi.
Organizzazione del cantiere	<ul style="list-style-type: none"> ▪ a parità di temperatura finale, copertura di maggiori distanze di trasporto del materiale proveniente dagli impianti di confezionamento; ▪ riduzione dei tempi di attesa per l’apertura al traffico di tratti di pavimentazione appena messa in opera; ▪ estensione del periodo lavorativo anche nelle stagioni meno calde.
Prestazioni dei materiali	<ul style="list-style-type: none"> ▪ minor invecchiamento del legante bituminoso, per cui maggior durabilità; ▪ in genere migliori caratteristiche prestazionali.

Tabella 6: vantaggi dei conglomerati bituminosi “a bassa energia”



Figura 4: confronto tra conglomerato bituminoso tradizionale e Warm Mix Asphalt in termini di produzione di fumi in impianto



Figura 5: confronto tra conglomerato bituminoso tradizionale e Warm Mix Asphalt in termini di produzione di fumi durante la stesa



Figura 6: temperatura della miscela durante la compattazione dello strato

Le tecnologie per il confezionamento delle miscele tiepide si suddividono in due grandi categorie in funzione del metodo con cui fluidificano il conglomerato (tabella 7):

- quelle che utilizzano additivi fluidificanti che riducono la viscosità del bitume;
- quelle che sfruttano la formazione di schiuma di bitume per rendere più lavorabile la miscela.

Tecnologie per il confezionamento di WMA	Descrizione
Additivazione con fluidificanti del bitume	Paraffine o cere cristalline
Formazione di schiuma del bitume	<ul style="list-style-type: none">▪ Schiuma di emulsione bituminosa modificata▪ Bitume schiumato con aggregati riscaldati▪ Sistema a due componenti di legante▪ Sabbie umide▪ Additivazione con zeoliti

Tabella 7: classificazione delle tecnologie per il confezionamento di miscele tiepide

La tabella 8 riporta un quadro riassuntivo relativo alle tecniche di produzione di miscele tiepide.

AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO
TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE

Processo	Additivi		Risparmi	Caratteristiche aggiuntive	Temperatura stoccaggio bitume	Temperatura di miscelazione	Temperatura di posatura	Impianto di confezionamento	Applicazioni	Caratteristiche medie prestazionali
	Natura	Dose								
Additivazione con fluidificanti del bitume	Paraffine FT	2-4% su bitume	Energetici, riduzione fumi, Tempi ridotti per miscelazione e compattazione	Irrigidimento del bitume Stesa più veloce	30°C inferiore alla temperatura usuale di stoccaggio	130-150°C	120-130°C	Continui e Discontinui	Basi e tappeti inclusi con glomerati chiusi, SMA, mastici	Maggiore resistenza a ormaimento rispetto alle HMA
Schiuma di emulsione	Agente schiumante e emulsionante	N/A	Energetici, riduzione fumi	Bassa ossidazione bitume. Richiede stoccaggio tiepido del bitume	80-90 °C surriscaldato alla miscela a 110-125 °C	Aggregato 110-120 °C	75-90 °C in funzione del legante	Treni di riciclaggio a caldo. Impianti con miscela con emulsioni a freddo	Ampia gamma di miscela particolarmente con RAP	Resistenza a ormaimento tra miscela chiu se e SMA. Compattazione simile a HMA
Bitume schiumato e aggregati riscaldati	Dope d'adesione o composto reattivo igroscopico	N/A	Energetici, riduzione fumi	Miscela lavorabili quanto quelle tradizionali HMA	Temperatura di stoccaggio bitume abituale	Aggregato 90 °C	60-70 °C	Continui e discontinui. con adattamenti ulteriori a barra schiumato per discontinui	Basi chiuse e tappeti con ampia gamma di miscela particolarmente con RAP	Stessa delle miscela a caldo
Sistema a due componenti di legante	Dope d'adesione nel bitume soft. Agen te schiumante nell'hard	N/A	30% di carburante & 30% CO ₂ e 50-60% riduzione di polvere	Miscela con più lunga stabilità allo stoccaggio. Impianto riscaldamento e raccolta polveri più semplici	Temperatura di stoccaggio legante abituale	100-120 °C	70-100 °C	Impianti continui e discontinui	Adatto per basi e tappeti	Stesse pre-stazioni HMA (ormai, regolarità e tessitura superficiale) per miscele dense
Sabbie umide	Dope d'adesione	0,3% mix	50% energia & 50% CO ₂ e IPA	Abbattimento polveri e pulizia attrezzatura	Normale (140-180°C)	60-90°C	60-70°C	Continui e Discontinui	Ampia gamma di miscela con RAP e modificato	Stessa delle Miscela a caldo
Additivazione con Zeoliti	Zeoliti nella miscela	0,3% mix	30% carburante, 75% fumi, riduzione particolato	Nessuna influenza sulla prestazione dell'impianto. Meno ossidazione bitume	Solita (140-180 °C)	130-145 °C	100 °C	Impianti continui e discontinui	Ampia gamma di miscela incluso modificato, asfalti con RAP e mastici	Stessa delle Miscela a caldo

Tabella 8: quadro riassuntivo relativo alle tecniche di produzione di miscela tiepide

Per la determinazione delle proprietà meccaniche di questi materiali è necessario prendere in considerazione la temperatura, in quanto essa influenza i valori del modulo complesso, quelli del coefficiente di Poisson ed il comportamento a fatica della miscela.

In tabella 9 sono riportate le temperature medie stagionali rilevate dal 1951 ad oggi presso le principali stazioni meteorologiche della zona di ubicazione del tracciato in esame. La temperatura di calcolo è stata assunta pari alla media di queste ultime.

Stagione	Provincia						Temperatura di calcolo
	Trento	Bolzano	Vicenza	Verona	Rovigo	Padova	
Inverno	2,7	1,8	0,9	1,9	2,9	1,9	2,0
Primavera	12,1	12,2	12,4	13,1	13,1	12,2	12,5
Estate	21,3	20,6	20,4	21,4	23,0	21,4	21,3
Autunno	12,3	10,9	12,6	12,7	13,9	13,0	12,5

Tabella 9: temperature medie stagionali e temperature di calcolo [°]

Il calore assorbito per irraggiamento dallo strato superficiale della pavimentazione è trasmesso agli strati più profondi. In tal modo la pavimentazione raggiunge abbastanza rapidamente una temperatura superiore a quella dell'aria. È necessario conoscere, quindi, la temperatura di ogni singolo strato per poter eseguire correttamente il calcolo.

Nota la temperatura dell'aria ($TMPAA$) è possibile risalire a quella degli strati legati a bitume (T_{mix}) utilizzando per esempio la relazione sviluppata da Marchionna ed al. per condizioni climatiche tipiche dell'Italia:

$$T_{mix} = TMPAA \cdot (1.362 - 0.0005 \cdot s) + (1.46 + 0.0043 \cdot s)$$

dove s rappresenta lo spessore degli strati legati a bitume espresso in mm.

In tabella 10 sono riportate le temperature stagionali medie degli strati legati a bitume utilizzate per stabilire il valore del modulo complesso.

Strato	Inverno	Primavera	Estate	Autunno
Usura + binder	4,5	18,3	29,9	18,3
Base	4,9	18,0	29,1	18,1

Tabella 10: temperature utilizzate per stabilire il valore del modulo complesso [°]

In tabella 11 sono riportati i moduli dei WMA per calcolare lo stato tensionale nel multistrato.

Strato	Modulo [MPa]			Coefficiente di Poisson
	Inverno	Primavera-Autunno	Estate	
Usura	10000 ÷ 12000	6500 ÷ 8000	2000 ÷ 3000	0.35
Binder	14000 ÷ 17000	8000 ÷ 12000	2500 ÷ 3500	0.35

Tabella 11: valori del modulo al variare della temperatura

Proposta n. 2

Per lo strato di base si propone una variante migliorativa sotto il profilo ambientale grazie al parziale riutilizzo di materie prime non convenzionali.

Tra i materiali innovativi nei quali parte dello scheletro solido pregiato della miscela è sostituito da prodotti provenienti dal riciclo di rifiuti civili ed industriali, uno dei più diffusi è il conglomerato bituminoso con granulato di gomma proveniente dal riciclaggio dei pneumatici dismessi. Quest'ultimo deriva soprattutto dai pneumatici dei veicoli pesanti ed è prodotto per triturazione della gomma fino a raggiungere la granulometria desiderata (figura 6).



Figura 6: granulato di gomma

Le tecnologie più utilizzate sono:

- la triturazione meccanica, effettuata per mezzo di lame e coltelli rotanti;
- la triturazione criogenica, che consiste in una fase iniziale di triturazione meccanica grossolana, seguita da uno sbriciolamento criogenico e da una polverizzazione finale.

La gomma viene raffreddata con azoto liquido, in modo che assuma una struttura cristallina fragile per essere macinata più finemente senza difficoltà;

- quella elettrotermica, durante la quale il pneumatico è introdotto in un forno verticale ad induzione elettromagnetica all'interno del quale il metallo si distacca dalla gomma la quale, preventivamente triturata, viene riportata ad una struttura chimica vicina a quella di partenza mediante processi di devulcanizzazione e rigenerazione.

La triturazione meccanica è quella che fornisce un granulato di gomma avente la morfologia più appropriata alla reazione con il bitume, in quanto, a differenza degli altri processi, produce particelle aventi superfici irregolari e non lisce.

I principali metodi di modificazione con gomma si dividono in due grandi categorie:

- il processo dry (secco), che produce direttamente conglomerati bituminosi;
- il processo wet (umido), relativo alla produzione di leganti bituminosi modificati.

Il primo prevede l'uso sia del polverino sia della gomma granulata con funzione di aggregato che, essendo aggiunto all'aggregato lapideo prima della miscelazione col bitume, integra l'inerte tradizionale dando luogo ad un conglomerato bituminoso additivato a caldo.

Nel processo wet, invece, il granulato di gomma sotto forma di polverino viene miscelato al legante bituminoso prima che quest'ultimo venga aggiunto all'aggregato. La gomma, durante la reazione con il bitume, rammollisce e rigonfia, dando origine ad un legante modificato, noto come Asphalt Rubber, avente caratteristiche reologiche migliorate rispetto al bitume originario in virtù della maggiore densità, del maggiore punto di rammollimento, della minore suscettività termica, della maggiore resistenza allo scorrimento, del minore invecchiamento, della minore tendenza alla fessurazione nei climi freddi, dell'ottima impermeabilità all'acqua e all'adesione all'aggregato.

I due processi differiscono anche per la quantità e la granulometria della gomma impiegata, nonché per le attrezzature necessarie ad effettuare la produzione in impianto. Il processo dry, introducendo una quantità di granulato di gomma pari al 2-5% in peso dell'aggregato, permette di riciclare un quantitativo di gomma decisamente maggiore di quello impiegabile nel processo wet. Inoltre la necessità di far reagire insieme il bitume e la gomma comporta per il processo wet la necessità di disporre di equipaggiamenti specifici per facilitare la reazione ad elevate temperature che non sono necessari, invece, per il processo dry. Ne deriva, quindi, che il processo dry è più facile da effettuare.

I conglomerati bituminosi additivati con granulato di gomma (tecnica dry), che potranno essere utilizzati nello strato di base nell'infrastruttura in questione in misura del 5% in peso, sono in grado di minimizzare il contributo della pavimentazione al fenomeno di

propagazione delle vibrazioni, esaltandone le proprietà smorzanti. Diventa quindi possibile realizzare conglomerati simili a quelli tradizionali, dal punto di vista meccanico, ottenendo i seguenti vantaggi:

- aumento delle capacità di assorbimento delle vibrazioni provocate dalle irregolarità superficiali in prossimità della sorgente, con conseguente aumento dell'efficacia dell'intervento;
- salvaguardia ambientale.

ALLEGATO 1

TABULATI DI CALCOLO DELLA SOLUZIONE TECNICA MIGLIORATIVA PROPOSTA

AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO
TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE



BISAR 3.0 - Detailed Report

A31_ASSE SIMMETRIA

System 1: A31

Layer Number	Thickness (m)	Young's Modulus (Pa)	Poisson's Ratio	Shear Spring Compliance (m ² /N)
1	0.050	4.600E+09	0.35	0.000E+00
2	0.050	4.600E+09	0.35	0.000E+00
3	0.220	4.600E+09	0.35	0.000E+00
4	0.250	2.000E+09	0.25	0.000E+00
5	0.350	4.000E+08	0.40	0.000E+00
6		1.000E+08	0.40	

Load Number	Normal Stress (Pa)	Shear Stress (Pa)	Radius of Loaded Area (m)	Load - Position		Shear Direction (°)
				X (m)	Y (m)	
1	7.505E+05	0.000E+00	1.128E-01	1.500E-01	0.000E+00	0.000E+00
2	7.505E+05	0.000E+00	1.128E-01	-1.500E-01	0.000E+00	0.000E+00

Calculated: 18-Jul-2011 11:47:29

Print Date: 18-Jul-2011

Page: 1



BISAR 3.0 - Detailed Report

A31_ASSE SIMMETRIA

System 1: A31

Position Number: 1 Layer Number: 1 X Coord (m): 0.000E+00 Y Coord (m): 0.000E+00 Z Coord (m): 0.000E+00

Load No.	Distance to Load Axis (m)	Theta (°)	Displacement (m)			Stresses (Pa)						Strains					
			Radial	Tangential	Vertical	Radial	Tangential	Vertical	Rad./Tang.	Rad./Vert.	Tang./Vert.	Radial	Tangential	Vertical	Rad./Tang.	Rad./Vert.	Tang./Vert.
1	1.500E-01	1.800E-02	-4.74E-06	0.000E+00	9.361E-05	-2.14E-04	-1.530E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	6.97E-06	-3.163E-05	1.327E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2	1.500E-01	0.000E+00	-4.74E-06	0.000E+00	9.361E-05	-2.14E-04	-1.530E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	6.97E-06	-3.163E-05	1.327E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00

Total Stresses (Pa) XX: -4.293E-04 YY: -3.060E-05 ZZ: 0.000E+00 YZ: 0.000E+00 XZ: 0.000E+00 XY: 0.000E+00
 Total Strains XX: 1.395E-05 YY: -6.325E-05 ZZ: 2.655E-05 YZ: 0.000E+00 XZ: 0.000E+00 XY: 0.000E+00
 Total Displacements (m) UX: 0.000E+00 UY: 0.000E+00 UZ: 1.872E-04

Principal Values and Directions of Total Stresses and Strains

	Normal Stress (Pa)	Normal Strain	Shear Stress (Pa)	Shear Strain	X Comp.	Y Comp.	Z Comp.
Maximum:	0.000E+00	2.655E-05			0.0000	0.0000	1.0000
Minimum:	-4.293E+04	1.395E-05			1.0000	0.0000	0.0000
Maximum:	-3.060E+05	-6.325E-05			0.0000	1.0000	0.0000
Minimum:	-1.530E+05		1.530E+05	4.490E-05	0.0000	-0.7071	0.7071
Minimum:	-1.745E+05		1.315E+05	3.860E-05	0.0000	0.7071	0.7071
Minimum:	-1.745E+05		2.146E+04	6.299E-06	0.7071	0.7071	0.0000
Minimum:	-2.146E+04				-0.7071	0.0000	0.7071
Minimum:					0.7071	0.0000	0.7071

Strain Energy (J): 9.378E+00 Strain Energy of Distortion (J): 8.054E+00

Calculated: 18-Jul-2011 11:47:29

Print Date: 18-Jul-2011

Page: 2

AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO
TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE



BISAR 3.0 - Detailed Report

A31_ASSE SIMMETRIA

System 1: A31

Position Number: 2 Layer Number: 2 X Coord (m): 0.000E+00 Y Coord (m): 0.000E+00 Z Coord (m): 1.000E-01

Load No.	Distance to Load Axis (m)	Theta (°)	Displacements (m)			Stresses (Pa)						Strains					
			Radial	Tangential	Vertical	Radial	Tangential	Vertical	Rad./Tang.	Rad./Vert.	Tang./Vert.	Radial	Tangential	Vertical	Rad./Tang.	Rad./Vert.	Tang./Vert.
1	1.500E-01	1.800E+02	1.085E-06	0.000E+00	9.425E-05	-1.458E+05	-6.211E+04	-1.267E+05	0.000E+00	-1.300E+05	0.000E+00	-1.734E-05	7.236E-06	-1.172E-05	0.000E+00	-3.816E-05	0.000E+00
2	1.500E-01	0.000E+00	1.085E-06	0.000E+00	9.425E-05	-1.458E+05	-6.211E+04	-1.267E+05	0.000E+00	-1.300E+05	0.000E+00	-1.734E-05	7.236E-06	-1.172E-05	0.000E+00	-3.816E-05	0.000E+00

Total Stresses (Pa) XX: -2.917E+05 YY: -1.242E+05 ZZ: -2.534E+05 YZ: 0.000E+00 XZ: 0.000E+00 XY: 0.000E+00
 Total Strains XX: -3.468E-05 YY: 1.447E-05 ZZ: -2.345E-05 YZ: 0.000E+00 XZ: 0.000E+00 XY: 0.000E+00
 Total Displacements (m) UX: 0.000E+00 UY: 0.000E+00 UZ: 1.885E-04

Principal Values and Directions of Total Stresses and Strains

	Normal Stress (Pa)	Normal Strain	Shear Stress (Pa)	Shear Strain	X Comp.	Y Comp.	Z Comp.
Maximum:	-1.242E+05	1.447E-05			0.0000	1.0000	0.0000
Minimum:	-2.534E+05	-2.345E-05			0.0000	0.0000	1.0000
Maximum:	-2.917E+05	-3.468E-05			1.0000	0.0000	0.0000
Minimum:	-2.080E+05		8.373E+04	2.457E-05	-0.7071	0.7071	0.0000
Minimum:	-1.888E+05		6.461E+04	1.896E-05	0.0000	0.7071	-0.7071
Minimum:	-2.726E+05		1.913E+04	5.614E-06	-0.7071	0.0000	0.7071

Strain Energy (J): 7.130E+00 Strain Energy of Distortion (J): 2.260E+00

Calculated: 18-Jul-2011 11:47:29

Print Date: 18-Jul-2011

Page: 3



BISAR 3.0 - Detailed Report

A31_ASSE SIMMETRIA

System 1: A31

Position Number: 3 Layer Number: 3 X Coord (m): 0.000E+00 Y Coord (m): 0.000E+00 Z Coord (m): 1.100E-01

Load No.	Distance to Load Axis (m)	Theta (°)	Displacements (m)			Stresses (Pa)						Strains					
			Radial	Tangential	Vertical	Radial	Tangential	Vertical	Rad./Tang.	Rad./Vert.	Tang./Vert.	Radial	Tangential	Vertical	Rad./Tang.	Rad./Vert.	Tang./Vert.
1	1.500E-01	1.800E+02	1.203E-06	0.000E+00	9.412E-05	-1.321E+05	-5.481E+04	-1.285E+05	0.000E+00	-1.265E+05	0.000E+00	-1.461E-05	8.017E-06	-1.375E-05	0.000E+00	-3.712E-05	0.000E+00
2	1.500E-01	0.000E+00	1.203E-06	0.000E+00	9.412E-05	-1.321E+05	-5.481E+04	-1.285E+05	0.000E+00	-1.265E+05	0.000E+00	-1.461E-05	8.017E-06	-1.375E-05	0.000E+00	-3.712E-05	0.000E+00

Total Stresses (Pa) XX: -2.642E+05 YY: -1.086E+05 ZZ: -2.569E+05 YZ: 0.000E+00 XZ: 0.000E+00 XY: 0.000E+00
 Total Strains XX: -2.961E-05 YY: 1.603E-05 ZZ: -2.749E-05 YZ: 0.000E+00 XZ: 0.000E+00 XY: 0.000E+00
 Total Displacements (m) UX: 0.000E+00 UY: 0.000E+00 UZ: 1.882E-04

Principal Values and Directions of Total Stresses and Strains

	Normal Stress (Pa)	Normal Strain	Shear Stress (Pa)	Shear Strain	X Comp.	Y Comp.	Z Comp.
Maximum:	-1.086E+05	1.603E-05			0.0000	1.0000	0.0000
Minimum:	-2.569E+05	-2.749E-05			0.0000	0.0000	1.0000
Maximum:	-2.642E+05	-2.961E-05			1.0000	0.0000	0.0000
Minimum:	-1.864E+05		7.777E+04	2.282E-05	-0.7071	0.7071	0.0000
Minimum:	-1.828E+05		7.415E+04	2.176E-05	0.0000	0.7071	-0.7071
Minimum:	-2.605E+05		3.615E+03	1.061E-06	-0.7071	0.0000	0.7071

Strain Energy (J): 6.572E+00 Strain Energy of Distortion (J): 2.262E+00

Calculated: 18-Jul-2011 11:47:29

Print Date: 18-Jul-2011

Page: 4

AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO
TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE



BISAR 3.0 - Detailed Report

A31_ASSE SIMMETRIA

System 1: A31

Position Number: 4 Layer Number: 3 X Coord (m): 0.000E+00 Y Coord (m): 0.000E+00 Z Coord (m): 3.100E-01

Load No.	Distance to Load Axis (m)	Theta (°)	Displacements (m)			Stresses (Pa)						Strains					
			Radial	Tangential	Vertical	Radial	Tangential	Vertical	Rad./Tang.	Rad./Vert.	Tang./Vert.	Radial	Tangential	Vertical	Rad./Tang.	Rad./Vert.	Tang./Vert.
1	1.500E-01	1.800E+02	2.171E-06	0.000E+00	9.941E-05	4.356E+04	6.287E+04	-5.412E+04	0.000E+00	-3.562E+04	0.000E+00	8.803E-06	1.447E-05	-1.968E-05	0.000E+00	-1.045E-05	0.000E+00
2	1.500E-01	0.000E+00	2.171E-06	0.000E+00	9.941E-05	4.356E+04	6.287E+04	-5.412E+04	0.000E+00	-3.562E+04	0.000E+00	8.803E-06	1.447E-05	-1.968E-05	0.000E+00	-1.045E-05	0.000E+00

Total Stresses (Pa) XX: 8.711E+04 YY: 1.257E+05 ZZ: -1.082E+05 YZ: 0.000E+00 XZ: 0.000E+00 XY: 0.000E+00
 Total Strains XX: 1.761E-05 YY: 2.894E-05 ZZ: -3.973E-05 YZ: 0.000E+00 XZ: 0.000E+00 XY: 0.000E+00
 Total Displacements (m) UX: 0.000E+00 UY: 0.000E+00 UZ: 1.808E-04

Principal Values and Directions of Total Stresses and Strains

	Normal Stress (Pa)	Normal Strain	Shear Stress (Pa)	Shear Strain	X Comp.	Y Comp.	Z Comp.
Maximum:	1.257E+05	2.894E-05			0.0000	1.0000	0.0000
Minimum:	8.711E+04	1.761E-05			1.0000	0.0000	0.0000
Maximum:	-1.082E+05	-3.973E-05			0.0000	0.0000	1.0000
Minimum:	8.746E+03		1.170E+05	3.433E-05	0.0000	0.7071	-0.7071
Minimum:	-1.057E+04		9.768E+04	2.867E-05	0.7071	0.0000	-0.7071
Minimum:	1.064E+05		1.931E+04	5.668E-06	-0.7071	0.7071	0.0000
					0.7071	0.7071	0.0000

Strain Energy (J): 4.736E+00 Strain Energy of Distortion (J): 4.618E+00

Calculated: 18-Jul-2011 11:47:29

Print Date: 18-Jul-2011

Page: 5



BISAR 3.0 - Detailed Report

A31_ASSE SIMMETRIA

System 1: A31

Position Number: 5 Layer Number: 4 X Coord (m): 0.000E+00 Y Coord (m): 0.000E+00 Z Coord (m): 3.300E-01

Load No.	Distance to Load Axis (m)	Theta (°)	Displacements (m)			Stresses (Pa)						Strains					
			Radial	Tangential	Vertical	Radial	Tangential	Vertical	Rad./Tang.	Rad./Vert.	Tang./Vert.	Radial	Tangential	Vertical	Rad./Tang.	Rad./Vert.	Tang./Vert.
1	1.500E-01	1.800E+02	2.248E-06	0.000E+00	8.992E-05	1.243E+04	2.099E+04	-4.836E+04	0.000E+00	-2.884E+04	0.000E+00	9.635E-06	1.499E-05	-2.836E-05	0.000E+00	-1.790E-05	0.000E+00
2	1.500E-01	0.000E+00	2.248E-06	0.000E+00	8.992E-05	1.243E+04	2.099E+04	-4.836E+04	0.000E+00	-2.884E+04	0.000E+00	9.635E-06	1.499E-05	-2.836E-05	0.000E+00	-1.790E-05	0.000E+00

Total Stresses (Pa) XX: 2.485E+04 YY: 4.197E+04 ZZ: -9.672E+04 YZ: 0.000E+00 XZ: 0.000E+00 XY: 0.000E+00
 Total Strains XX: 1.927E-05 YY: 2.997E-05 ZZ: -5.671E-05 YZ: 0.000E+00 XZ: 0.000E+00 XY: 0.000E+00
 Total Displacements (m) UX: 0.000E+00 UY: 0.000E+00 UZ: 1.798E-04

Principal Values and Directions of Total Stresses and Strains

	Normal Stress (Pa)	Normal Strain	Shear Stress (Pa)	Shear Strain	X Comp.	Y Comp.	Z Comp.
Maximum:	4.197E+04	2.997E-05			0.0000	1.0000	0.0000
Minimum:	2.485E+04	1.927E-05			1.0000	0.0000	0.0000
Minimum:	-9.672E+04	-5.671E-05			0.0000	0.0000	1.0000
Maximum:	-2.738E+04		6.935E+04	4.334E-05	0.0000	0.7071	-0.7071
Minimum:	-3.594E+04		6.079E+04	3.799E-05	0.7071	0.0000	-0.7071
Minimum:	3.341E+04		8.561E+03	5.350E-06	-0.7071	0.7071	0.0000
					0.7071	0.7071	0.0000

Strain Energy (J): 3.611E+00 Strain Energy of Distortion (J): 3.574E+00

Calculated: 18-Jul-2011 11:47:29

Print Date: 18-Jul-2011

Page: 6

AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO
TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE



BISAR 3.0 - Detailed Report

A31_ASSE SIMMETRIA

System 1: A31

Position Number: 6 Layer Number: 4 X Coord (m): 0.000E+00 Y Coord (m): 0.000E+00 Z Coord (m): 5.600E-01

Load No.	Distance to Load Axis (m)	Theta (°)	Displacement (m)			Stresses (Pa)						Strains					
			Radial	Tangential	Vertical	Radial	Tangential	Vertical	Rad./Tang.	Rad./Vert.	Tang./Vert.	Radial	Tangential	Vertical	Rad./Tang.	Rad./Vert.	Tang./Vert.
1	1.500E-01	1.800E+02	2.813E-06	0.000E+00	8.337E-05	4.163E+04	4.502E+04	-1.161E+04	0.000E+00	-4.426E+03	0.000E+00	1.667E-05	1.876E-05	-1.664E-05	0.000E+00	-2.766E-06	0.000E+00
2	1.500E-01	0.000E+00	2.813E-06	0.000E+00	8.337E-05	4.163E+04	4.502E+04	-1.161E+04	0.000E+00	-4.426E+03	0.000E+00	1.667E-05	1.876E-05	-1.664E-05	0.000E+00	-2.766E-06	0.000E+00

Total Stresses (Pa) XX: 8.331E+04 YY: 9.005E+04 ZZ: -2.321E+04 YZ: 0.000E+00 XZ: 0.000E+00 XY: 0.000E+00
 Total Strains XX: 3.330E-05 YY: 3.751E-05 ZZ: -3.327E-05 YZ: 0.000E+00 XZ: 0.000E+00 XY: 0.000E+00
 Total Displacements (m) UX: 0.000E+00 UY: 0.000E+00 UZ: 1.707E-04

Principal Values and Directions of Total Stresses and Strains

	Normal Stress (Pa)	Normal Strain	Shear Stress (Pa)	Shear Strain	X Comp.	Y Comp.	Z Comp.
Maximum:	9.005E+04	3.751E-05			0.0000	1.0000	0.0000
Minimum:	8.331E+04	3.330E-05			1.0000	0.0000	0.0000
Maximum:	-2.321E+04	-3.327E-05			0.0000	0.0000	1.0000
Minimum:	3.342E+04		5.663E+04	3.539E-05	0.0000	0.7071	-0.7071
Maximum:			5.326E+04	3.329E-05	0.0000	0.7071	0.7071
Minimum:	3.005E+04		3.370E+03	2.106E-06	0.7071	0.0000	0.7071
Maximum:	8.668E+04				-0.7071	0.7071	0.0000
Minimum:					0.7071	0.7071	0.0000

Strain Energy (J): 3.462E+00 Strain Energy of Distortion (J): 2.523E+00

Calculated: 18-Jul-2011 11:47:29

Print Date: 18-Jul-2011

Page: 7



BISAR 3.0 - Detailed Report

A31_ASSE SIMMETRIA

System 1: A31

Position Number: 7 Layer Number: 5 X Coord (m): 0.000E+00 Y Coord (m): 0.000E+00 Z Coord (m): 5.800E-01

Load No.	Distance to Load Axis (m)	Theta (°)	Displacement (m)			Stresses (Pa)						Strains					
			Radial	Tangential	Vertical	Radial	Tangential	Vertical	Rad./Tang.	Rad./Vert.	Tang./Vert.	Radial	Tangential	Vertical	Rad./Tang.	Rad./Vert.	Tang./Vert.
1	1.500E-01	1.800E+02	2.863E-06	0.000E+00	8.481E-05	4.552E+03	5.152E+03	-1.076E+04	0.000E+00	-3.189E+03	0.000E+00	1.700E-05	1.909E-05	-3.662E-05	0.000E+00	-1.116E-05	0.000E+00
2	1.500E-01	0.000E+00	2.863E-06	0.000E+00	8.481E-05	4.552E+03	5.152E+03	-1.076E+04	0.000E+00	-3.189E+03	0.000E+00	1.700E-05	1.909E-05	-3.662E-05	0.000E+00	-1.116E-05	0.000E+00

Total Stresses (Pa) XX: 9.110E+03 YY: 1.030E+04 ZZ: -2.153E+04 YZ: 0.000E+00 XZ: 0.000E+00 XY: 0.000E+00
 Total Strains XX: 3.400E-05 YY: 3.818E-05 ZZ: -7.324E-05 YZ: 0.000E+00 XZ: 0.000E+00 XY: 0.000E+00
 Total Displacements (m) UX: 0.000E+00 UY: 0.000E+00 UZ: 1.696E-04

Principal Values and Directions of Total Stresses and Strains

	Normal Stress (Pa)	Normal Strain	Shear Stress (Pa)	Shear Strain	X Comp.	Y Comp.	Z Comp.
Maximum:	1.030E+04	3.818E-05			0.0000	1.0000	0.0000
Minimum:	9.110E+03	3.400E-05			1.0000	0.0000	0.0000
Maximum:	-2.153E+04	-7.324E-05			0.0000	0.0000	1.0000
Minimum:	-5.612E+03		1.592E+04	5.571E-05	0.0000	0.7071	-0.7071
Maximum:			1.532E+04	5.362E-05	0.0000	0.7071	0.7071
Minimum:	-6.209E+03		5.973E+02	2.090E-06	0.7071	0.0000	0.7071
Maximum:	9.707E+03				-0.7071	0.7071	0.0000
Minimum:					0.7071	0.7071	0.0000

Strain Energy (J): 1.140E+00 Strain Energy of Distortion (J): 1.140E+00

Calculated: 18-Jul-2011 11:47:29

Print Date: 18-Jul-2011

Page: 8

AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO
TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE



BISAR 3.0 - Detailed Report

A31_ASSE SIMMETRIA

System 1: A31

Position Number: 8 Layer Number: 5 X Coord (m): 0.000E+00 Y Coord (m): 0.000E+00 Z Coord (m): 9.100E-01

Load No.	Distance to Load Axis (m)	Theta (°)	Displacements (m)			Stresses (Pa)						Strains					
			Radial	Tangential	Vertical	Radial	Tangential	Vertical	Rad./Tang.	Rad./Vert.	Tang./Vert.	Radial	Tangential	Vertical	Rad./Tang.	Rad./Vert.	Tang./Vert.
1	1.500E-01	1.800E+02	2.543E-06	0.000E+00	7.540E-05	8.313E+03	8.511E+03	-3.989E+03	0.000E+00	-4.970E+02	0.000E+00	1.627E-05	1.695E-05	-2.680E-05	0.000E+00	-1.739E-06	0.000E+00
2	1.500E-01	0.000E+00	2.543E-06	0.000E+00	7.540E-05	8.313E+03	8.511E+03	-3.989E+03	0.000E+00	-4.970E+02	0.000E+00	1.627E-05	1.695E-05	-2.680E-05	0.000E+00	-1.739E-06	0.000E+00

Total Stresses (Pa) XX: 1.663E+04 YY: 1.702E+04 ZZ: -7.979E+03 YZ: 0.000E+00 XZ: 0.000E+00 XY: 0.000E+00
Total Strains XX: 3.253E-05 YY: 3.391E-05 ZZ: -5.360E-05 YZ: 0.000E+00 XZ: 0.000E+00 XY: 0.000E+00
Total Displacements (m) UX: 0.000E+00 UY: 0.000E+00 UZ: 1.508E-04

Principal Values and Directions of Total Stresses and Strains

	Normal Stress (Pa)	Normal Strain	Shear Stress (Pa)	Shear Strain	X Comp.	Y Comp.	Z Comp.
Maximum:	1.702E+04	3.391E-05			0.0000	1.0000	0.0000
Minimum:	1.663E+04	3.253E-05			1.0000	0.0000	0.0000
Maximum:	-7.979E+03	-5.360E-05			0.0000	0.0000	1.0000
Maximum:	4.522E+03		1.250E+04	4.375E-05	0.0000	0.7071	-0.7071
Minimum:	4.326E+03		1.230E+04	4.307E-05	0.0000	0.7071	-0.7071
Minimum:	1.683E+04		1.964E+02	6.873E-07	0.7071	0.0000	0.7071
					0.7071	0.7071	0.0000

Strain Energy (J): 7.729E-01 Strain Energy of Distortion (J): 7.180E-01

Calculated: 18-Jul-2011 11:47:29

Print Date: 18-Jul-2011

Page: 9



BISAR 3.0 - Detailed Report

A31_ASSE SIMMETRIA

System 1: A31

Position Number: 9 Layer Number: 6 X Coord (m): 0.000E+00 Y Coord (m): 0.000E+00 Z Coord (m): 9.300E-01

Load No.	Distance to Load Axis (m)	Theta (°)	Displacements (m)			Stresses (Pa)						Strains					
			Radial	Tangential	Vertical	Radial	Tangential	Vertical	Rad./Tang.	Rad./Vert.	Tang./Vert.	Radial	Tangential	Vertical	Rad./Tang.	Rad./Vert.	Tang./Vert.
1	1.500E-01	1.800E+02	2.545E-06	0.000E+00	7.472E-05	1.620E+02	2.104E+02	-3.878E+03	0.000E+00	-4.098E+02	0.000E+00	1.629E-05	1.697E-05	-4.027E-05	0.000E+00	-5.737E-06	0.000E+00
2	1.500E-01	0.000E+00	2.545E-06	0.000E+00	7.472E-05	1.620E+02	2.104E+02	-3.878E+03	0.000E+00	-4.098E+02	0.000E+00	1.629E-05	1.697E-05	-4.027E-05	0.000E+00	-5.737E-06	0.000E+00

Total Stresses (Pa) XX: 3.240E+02 YY: 4.207E+02 ZZ: -7.755E+03 YZ: 0.000E+00 XZ: 0.000E+00 XY: 0.000E+00
Total Strains XX: 3.258E-05 YY: 3.393E-05 ZZ: -8.053E-05 YZ: 0.000E+00 XZ: 0.000E+00 XY: 0.000E+00
Total Displacements (m) UX: 0.000E+00 UY: 0.000E+00 UZ: 1.494E-04

Principal Values and Directions of Total Stresses and Strains

	Normal Stress (Pa)	Normal Strain	Shear Stress (Pa)	Shear Strain	X Comp.	Y Comp.	Z Comp.
Maximum:	4.207E+02	3.393E-05			0.0000	1.0000	0.0000
Minimum:	3.240E+02	3.258E-05			1.0000	0.0000	0.0000
Minimum:	-7.755E+03	-8.053E-05			0.0000	0.0000	1.0000
Maximum:	-3.667E+03		4.088E+03	5.723E-05	0.0000	0.7071	-0.7071
Minimum:	-3.716E+03		4.040E+03	5.655E-05	0.7071	0.0000	-0.7071
Minimum:	3.724E+02		4.838E+01	6.773E-07	-0.7071	0.7071	0.0000
					0.7071	0.7071	0.0000

Strain Energy (J): 3.247E-01 Strain Energy of Distortion (J): 3.083E-01

Calculated: 18-Jul-2011 11:47:29

Print Date: 18-Jul-2011

Page: 10

AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO
TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE



BISAR 3.0 - Detailed Report

A31_ASSE CARICO

System 1: A31

Layer Number	Thickness (m)	Young's Modulus (Pa)	Poisson's Ratio	Shear Spring Compliance (m ³ /N)
1	0.080	4.600E+09	0.35	0.000E+00
2	0.080	4.600E+09	0.35	0.000E+00
3	0.220	4.600E+09	0.35	0.000E+00
4	0.280	2.000E+09	0.25	0.000E+00
5	0.380	4.000E+08	0.40	0.000E+00
6		1.000E+08	0.40	

Load Number	Normal Stress (Pa)	Shear Stress (Pa)	Radius of Loaded Area (m)	Load - Position X (m)	Y (m)	Shear Direction (°)
1	7.508E+05	0.000E+00	1.128E-01	1.500E-01	0.000E+00	0.000E+00
2	7.508E+05	0.000E+00	1.128E-01	-1.500E-01	0.000E+00	0.000E+00

Calculated: 16-Jul-2011 15:27:44

Print Date: 16-Jul-2011

Page: 1



BISAR 3.0 - Detailed Report

A31_ASSE CARICO

System 1: A31

Position Number: 1 Layer Number: 1 X Coord (m): 1.500E-01 Y Coord (m): 0.000E+00 Z Coord (m): 0.000E+00

Load No.	Distance to Load Axis (m)	Theta (°)	Displacements (m)			Stresses (Pa)						Strains					
			Radial	Tangential	Vertical	Radial	Tangential	Vertical	Rad./Tang.	Rad./Vert.	Tang./Vert.	Radial	Tangential	Vertical	Rad./Tang.	Rad./Vert.	Tang./Vert.
1	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.136E-04	-7.342E+05	-7.342E+05	-7.505E+05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	-4.66E-05	-4.66E-05	-5.143E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2	3.000E-01	0.000E+00	-4.816E-06	0.000E+00	8.398E-05	-4.620E+04	-9.001E+04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	-3.19E-06	-1.605E-05	1.036E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00

Total Stresses (Pa) XX: -7.804E+05 YY: -8.242E+05 ZZ: -7.505E+05 YZ: 0.000E+00 XZ: 0.000E+00 XY: 0.000E+00
 Total Strains XX: -4.983E-05 YY: -6.269E-05 ZZ: -4.107E-05 YZ: 0.000E+00 XZ: 0.000E+00 XY: 0.000E+00
 Total Displacements (m) UX: -4.816E-06 UY: 0.000E+00 UZ: 1.976E-04

Principal Values and Directions of Total Stresses and Strains

	Normal Stress (Pa)	Normal Strain	Shear Stress (Pa)	Shear Strain	X Comp.	Y Comp.	Z Comp.
Maximum:	-7.505E+05	-4.107E-05			0.0000	0.0000	1.0000
Minimum:	-7.804E+05	-4.983E-05			1.0000	0.0000	0.0000
Maximum:	-8.242E+05	-6.269E-05			0.0000	1.0000	0.0000
Maximum:	-7.873E+05		3.684E+04	1.081E-05	0.0000	-0.7071	0.7071
Minimum:			2.191E+04	6.429E-06	0.7071	-0.7071	0.0000
Minimum:	-8.023E+05		1.493E+04	4.381E-06	0.7071	0.7071	0.0000
Minimum:	-7.654E+05				-0.7071	0.0000	0.7071
					0.7071	0.0000	0.7071

Strain Energy (J): 6.069E+01 Strain Energy of Distortion (J): 4.030E-01

Calculated: 16-Jul-2011 15:27:44

Print Date: 16-Jul-2011

Page: 2

AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO
TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE



BISAR 3.0 - Detailed Report

A31_ASSE CARICO

System 1: A31

Position Number: 2 Layer Number: 2 X Coord (m): 1.500E-01 Y Coord (m): 0.000E+00 Z Coord (m): 1.000E-01

Load No.	Distance to Load Axis (m)	Theta (°)	Displacement (m)			Stresses (Pa)						Strains					
			Radial	Tangential	Vertical	Radial	Tangential	Vertical	Rad./Tang.	Rad./Vert.	Tang./Vert.	Radial	Tangential	Vertical	Rad./Tang.	Rad./Vert.	Tang./Vert.
1	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.044E-04	-1.180E+05	-1.180E+05	-5.220E+05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.304E-05	2.304E-05	-9.551E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2	3.000E-01	0.000E+00	-1.296E-06	0.000E+00	8.491E-05	-8.382E+04	-4.372E+04	-4.310E+03	0.000E+00	-2.909E+04	0.000E+00	-1.022E-05	-4.321E-06	7.243E-06	0.000E+00	-8.539E-06	0.000E+00

Total Stresses (Pa) XX: -1.818E+05 YY: -1.617E+05 ZZ: -5.263E+05 YZ: 0.000E+00 XZ: -2.909E+04 XY: 0.000E+00
 Total Strains XX: 1.282E-05 YY: 1.872E-05 ZZ: -8.826E-05 YZ: 0.000E+00 XZ: -8.539E-06 XY: 0.000E+00
 Total Displacements (m) UX: -1.296E-06 UY: 0.000E+00 UZ: 1.893E-04

Principal Values and Directions of Total Stresses and Strains

	Normal Stress (Pa)	Normal Strain	Shear Stress (Pa)	Shear Strain	X Comp.	Y Comp.	Z Comp.
Maximum:	-1.617E+05	1.872E-05			0.0000	1.0000	0.0000
Minimum:	-1.794E+05	1.354E-05			0.9965	0.0000	-0.0836
Maximum:	-5.287E+05	-8.898E-05			0.0836	0.0000	0.9965
Minimum:	-3.452E+05		1.835E+05	5.385E-05	-0.0591	0.7071	-0.7046
Maximum:	-3.540E+05		1.747E+05	5.126E-05	0.0591	0.7071	0.7046
Minimum:	-1.706E+05		8.826E+03	2.590E-06	0.6455	0.0000	-0.7637
					0.7637	0.0000	0.6455
					-0.7046	0.7071	0.0591
					0.7046	0.7071	-0.0591

Strain Energy (J): 2.079E+01 Strain Energy of Distortion (J): 1.257E+01

Calculated: 16-Jul-2011 15:27:44

Print Date: 16-Jul-2011

Page: 3



BISAR 3.0 - Detailed Report

A31_ASSE CARICO

System 1: A31

Position Number: 3 Layer Number: 3 X Coord (m): 1.500E-01 Y Coord (m): 0.000E+00 Z Coord (m): 1.100E-01

Load No.	Distance to Load Axis (m)	Theta (°)	Displacement (m)			Stresses (Pa)						Strains					
			Radial	Tangential	Vertical	Radial	Tangential	Vertical	Rad./Tang.	Rad./Vert.	Tang./Vert.	Radial	Tangential	Vertical	Rad./Tang.	Rad./Vert.	Tang./Vert.
1	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.034E-04	-9.627E+04	-9.627E+04	-4.840E+05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.322E-05	2.322E-05	-9.056E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2	3.000E-01	0.000E+00	-1.031E-06	0.000E+00	8.490E-05	-8.264E+04	-3.964E+04	-5.461E+03	0.000E+00	-3.189E+04	0.000E+00	-1.019E-05	-3.437E-06	6.597E-06	0.000E+00	-9.335E-06	0.000E+00

Total Stresses (Pa) XX: -1.589E+05 YY: -1.359E+05 ZZ: -4.894E+05 YZ: 0.000E+00 XZ: -3.189E+04 XY: 0.000E+00
 Total Strains XX: 1.304E-05 YY: 1.979E-05 ZZ: -8.397E-05 YZ: 0.000E+00 XZ: -9.358E-06 XY: 0.000E+00
 Total Displacements (m) UX: -1.031E-06 UY: 0.000E+00 UZ: 1.884E-04

Principal Values and Directions of Total Stresses and Strains

	Normal Stress (Pa)	Normal Strain	Shear Stress (Pa)	Shear Strain	X Comp.	Y Comp.	Z Comp.
Maximum:	-1.359E+05	1.979E-05			0.0000	1.0000	0.0000
Minimum:	-1.559E+05	1.393E-05			0.9955	0.0000	-0.0952
Maximum:	-4.925E+05	-8.486E-05			0.0952	0.0000	0.9955
Minimum:	-3.142E+05		1.783E+05	5.232E-05	-0.0673	0.7071	-0.7039
Maximum:	-3.242E+05		1.683E+05	4.940E-05	0.0673	0.7071	0.7039
Minimum:	-1.459E+05		9.976E+03	2.928E-06	0.6366	0.0000	-0.7712
					0.7712	0.0000	0.6366
					-0.7039	0.7071	0.0673
					0.7039	0.7071	-0.0673

Strain Energy (J): 1.847E+01 Strain Energy of Distortion (J): 1.178E+01

Calculated: 16-Jul-2011 15:27:44

Print Date: 16-Jul-2011

Page: 4

AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO
TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE



BISAR 3.0 - Detailed Report

A31_ASSE CARICO

System 1: A31

Position Number: 4 Layer Number: 3 X Coord (m): 1.500E-01 Y Coord (m): 0.000E+00 Z Coord (m): 3.100E-01

Load No.	Distance to Load Axis (m)	Theta (°)	Displacements (m)			Stresses (Pa)						Strains					
			Radial	Tangential	Vertical	Radial	Tangential	Vertical	Rad./Tang.	Rad./Vert.	Tang./Vert.	Radial	Tangential	Vertical	Rad./Tang.	Rad./Vert.	Tang./Vert.
1	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	9.324E-05	8.144E+04	8.142E+04	-8.364E+04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.787E-05	1.787E-05	-3.037E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2	3.000E-01	0.000E+00	2.685E-06	0.000E+00	8.483E-05	4.088E+03	3.395E+04	-1.902E+04	0.000E+00	-3.129E+04	0.000E+00	-3.992E-07	8.951E-06	-7.181E-06	0.000E+00	-9.183E-06	0.000E+00

Total Stresses (Pa) XX: 8.552E-04 YY: 1.174E+05 ZZ: -1.027E+05 YZ: 0.000E+00 XZ: -3.129E-04 XY: 0.000E+00
 Total Strains XX: 1.747E-05 YY: 2.682E-05 ZZ: -3.775E-05 YZ: 0.000E+00 XZ: -9.183E-06 XY: 0.000E+00
 Total Displacements (m) UX: 2.685E-06 UY: 0.000E+00 UZ: 1.781E-04

Principal Values and Directions of Total Stresses and Strains

	Normal Stress (Pa)	Normal Strain	Shear Stress (Pa)	Shear Strain	X Comp.	Y Comp.	Z Comp.
Maximum:	1.174E+05	2.682E-05			0.0000	1.0000	0.0000
Minimum:	9.059E+04	1.896E-05			0.9871	0.0000	-0.1598
Minimum:	-1.077E+05	-3.924E-05			0.1598	0.0000	0.9871
Maximum:			1.125E-05	3.303E-05	-0.1130	0.7071	-0.6980
	4.821E+03				0.1130	0.7071	0.6980
Minimum:			9.916E+04	2.910E-05	0.5850	0.0000	-0.8110
	-8.567E+03				0.8110	0.0000	0.5850
Minimum:			1.339E+04	3.929E-06	-0.6980	0.7071	0.1130
	1.040E+05				0.6980	0.7071	-0.1130

Strain Energy (J): 4.546E+00 Strain Energy of Distortion (J): 4.437E+00

Calculated: 16-Jul-2011 15:27:44

Print Date: 16-Jul-2011

Page: 5



BISAR 3.0 - Detailed Report

A31_ASSE CARICO

System 1: A31

Position Number: 5 Layer Number: 4 X Coord (m): 1.500E-01 Y Coord (m): 0.000E+00 Z Coord (m): 3.300E-01

Load No.	Distance to Load Axis (m)	Theta (°)	Displacements (m)			Stresses (Pa)						Strains					
			Radial	Tangential	Vertical	Radial	Tangential	Vertical	Rad./Tang.	Rad./Vert.	Tang./Vert.	Radial	Tangential	Vertical	Rad./Tang.	Rad./Vert.	Tang./Vert.
1	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	9.250E-05	2.443E+04	2.443E+04	-7.202E+04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.816E-05	1.816E-05	-4.212E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2	3.000E-01	0.000E+00	2.901E-06	0.000E+00	8.464E-05	2.228E+01	1.478E+04	-1.835E+04	0.000E+00	-2.785E+04	0.000E+00	4.600E-07	9.670E-06	-1.102E-05	0.000E+00	-1.741E-05	0.000E+00

Total Stresses (Pa) XX: 2.445E+04 YY: 3.919E+04 ZZ: -9.037E+04 YZ: 0.000E+00 XZ: -2.785E+04 XY: 0.000E+00
 Total Strains XX: 1.862E-05 YY: 2.783E-05 ZZ: -5.314E-05 YZ: 0.000E+00 XZ: -1.741E-05 XY: 0.000E+00
 Total Displacements (m) UX: 2.901E-06 UY: 0.000E+00 UZ: 1.771E-04

Principal Values and Directions of Total Stresses and Strains

	Normal Stress (Pa)	Normal Strain	Shear Stress (Pa)	Shear Strain	X Comp.	Y Comp.	Z Comp.
Maximum:	3.919E+04	2.783E-05			0.0000	1.0000	0.0000
Minimum:	3.085E+04	2.262E-05			0.9746	0.0000	-0.2239
Minimum:	-9.676E+04	-5.714E-05			0.2239	0.0000	0.9746
Maximum:			6.798E+04	4.249E-05	-0.1583	0.7071	-0.6892
	-2.879E+04				0.1583	0.7071	0.6892
Minimum:			6.381E+04	3.988E-05	0.5308	0.0000	-0.8475
	-3.296E+04				0.8475	0.0000	0.5308
Minimum:			4.168E+03	2.605E-06	-0.6892	0.7071	0.1583
	3.502E+04				0.6892	0.7071	-0.1583

Strain Energy (J): 3.659E+00 Strain Energy of Distortion (J): 3.629E+00

Calculated: 16-Jul-2011 15:27:44

Print Date: 16-Jul-2011

Page: 6

AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO
TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE



BISAR 3.0 - Detailed Report

A31_ASSE CARICO

System 1: A31

Position Number: 6 Layer Number: 4 X Coord (m): 1.500E-01 Y Coord (m): 0.000E+00 Z Coord (m): 5.600E-01

Load No.	Distance to Load Axis (m)	Theta (°)	Displacement (m)			Stresses (Pa)						Strains					
			Radial	Tangential	Vertical	Radial	Tangential	Vertical	Rad./Tang.	Rad./Vert.	Tang./Vert.	Radial	Tangential	Vertical	Rad./Tang.	Rad./Vert.	Tang./Vert.
1	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	8.666E-05	4.862E+04	4.862E+04	-1.318E+04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.988E-05	1.988E-05	-1.875E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2	3.000E-01	0.000E+00	4.832E-06	0.000E+00	8.204E-05	2.751E+04	3.699E+04	-3.891E+03	0.000E+00	-6.220E+03	0.000E+00	1.018E-05	1.611E-05	-1.226E-05	0.000E+00	-3.887E-06	0.000E+00

Total Stresses (Pa) XX: 7.613E+04 YY: 8.561E+04 ZZ: -2.158E+04 YZ: 0.000E+00 XZ: -6.220E+03 XY: 0.000E+00
 Total Strains XX: 3.006E-05 YY: 3.599E-05 ZZ: -3.100E-05 YZ: 0.000E+00 XZ: -3.887E-06 XY: 0.000E+00
 Total Displacements (m) UX: 4.832E-06 UY: 0.000E+00 UZ: 1.687E-04

Principal Values and Directions of Total Stresses and Strains

	Normal Stress (Pa)	Normal Strain	Shear Stress (Pa)	Shear Strain	X Comp.	Y Comp.	Z Comp.
Maximum:	8.561E+04	3.599E-05			0.0000	1.0000	0.0000
Minimum:	7.652E+04	3.030E-05			0.9980	0.0000	-0.0633
Maximum:	-2.197E+04	-3.125E-05	5.379E+04	3.362E-05	-0.0447	0.7071	-0.7057
Minimum:	3.182E+04		4.924E+04	3.078E-05	0.0447	0.7071	0.7057
Maximum:	2.727E+04		4.545E+03	2.840E-06	0.6609	0.0000	-0.7504
Minimum:	8.106E+04				0.7504	0.0000	0.6609
					-0.7057	0.7071	0.0447
					0.7057	0.7071	-0.0447

Strain Energy (J): 3.043E+00 Strain Energy of Distortion (J): 2.225E+00

Calculated: 16-Jul-2011 15:27:44

Print Date: 16-Jul-2011

Page: 7



BISAR 3.0 - Detailed Report

A31_ASSE CARICO

System 1: A31

Position Number: 7 Layer Number: 5 X Coord (m): 1.500E-01 Y Coord (m): 0.000E+00 Z Coord (m): 5.800E-01

Load No.	Distance to Load Axis (m)	Theta (°)	Displacement (m)			Stresses (Pa)						Strains					
			Radial	Tangential	Vertical	Radial	Tangential	Vertical	Rad./Tang.	Rad./Vert.	Tang./Vert.	Radial	Tangential	Vertical	Rad./Tang.	Rad./Vert.	Tang./Vert.
1	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	8.606E-05	5.398E+03	5.397E+03	-1.211E+04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.021E-05	2.021E-05	-4.107E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2	3.000E-01	0.000E+00	4.936E-06	0.000E+00	8.165E-05	2.846E+03	4.536E+03	-7.938E+03	0.000E+00	-4.761E+03	0.000E+00	1.054E-05	1.645E-05	-2.728E-05	0.000E+00	-1.666E-05	0.000E+00

Total Stresses (Pa) XX: 8.244E+03 YY: 9.933E+03 ZZ: -2.007E+04 YZ: 0.000E+00 XZ: -4.761E+03 XY: 0.000E+00
 Total Strains XX: 3.075E-05 YY: 3.666E-05 ZZ: -6.835E-05 YZ: 0.000E+00 XZ: -1.666E-05 XY: 0.000E+00
 Total Displacements (m) UX: 4.936E-06 UY: 0.000E+00 UZ: 1.677E-04

Principal Values and Directions of Total Stresses and Strains

	Normal Stress (Pa)	Normal Strain	Shear Stress (Pa)	Shear Strain	X Comp.	Y Comp.	Z Comp.
Maximum:	9.933E+03	3.666E-05			0.0000	1.0000	0.0000
Minimum:	9.023E+03	3.347E-05			0.9869	0.0000	-0.1615
Maximum:	-2.085E+04	-7.108E-05	1.539E+04	5.387E-05	0.1615	0.0000	0.9869
Minimum:	-5.457E+03		1.494E+04	5.227E-05	-0.1142	0.7071	-0.6978
Maximum:	-5.912E+03		4.550E+02	1.593E-06	0.1142	0.7071	0.6978
Minimum:	9.478E+03				0.8120	0.0000	0.5836
					-0.6978	0.7071	0.1142
					0.6978	0.7071	-0.1142

Strain Energy (J): 1.074E+00 Strain Energy of Distortion (J): 1.074E+00

Calculated: 16-Jul-2011 15:27:44

Print Date: 16-Jul-2011

Page: 8

AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO
TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE



BISAR 3.0 - Detailed Report

A31_ASSE CARICO

System 1: A31

Position Number: 8 Layer Number: 5 X Coord (m): 1.500E-01 Y Coord (m): 0.000E+00 Z Coord (m): 9.100E-01

Load No.	Distance to Load Axis (m)	Theta (°)	Displacement (m)			Stresses (Pa)						Strains					
			Radial	Tangential	Vertical	Radial	Tangential	Vertical	Rad./Tang.	Rad./Vert.	Tang./Vert.	Radial	Tangential	Vertical	Rad./Tang.	Rad./Vert.	Tang./Vert.
1	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	7.598E-05	8.794E+03	8.794E+03	-4.113E+03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.730E-05	1.730E-05	-2.78E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2	3.000E-01	0.000E+00	4.798E-06	0.000E+00	7.376E-05	7.083E+03	7.764E+03	-3.666E+03	0.000E+00	-8.712E+02	0.000E+00	1.361E-05	1.599E-05	-2.401E-05	0.000E+00	-3.049E-06	0.000E+00

Total Stresses (Pa) XX: 1.588E+04 YY: 1.656E+04 ZZ: -7.779E+03 YZ: 0.000E+00 XZ: -8.712E+02 XY: 0.000E+00
Total Strains XX: 3.091E-05 YY: 3.330E-05 ZZ: -5.188E-05 YZ: 0.000E+00 XZ: -3.049E-06 XY: 0.000E+00
Total Displacements (m) UX: 4.798E-06 UY: 0.000E+00 UZ: 1.497E-04

Principal Values and Directions of Total Stresses and Strains

	Normal Stress (Pa)	Normal Strain	Shear Stress (Pa)	Shear Strain	X Comp.	Y Comp.	Z Comp.
Maximum:	1.656E+04	3.330E-05			0.0000	1.0000	0.0000
Minimum:	1.591E+04	3.103E-05			0.9993	0.0000	-0.0368
Minimum:	-7.811E+03	-5.200E-05			0.0368	0.0000	0.9993
Maximum:			1.218E+04	4.265E-05	-0.0260	0.7071	-0.7066
Minimum:	4.374E+03				0.0260	0.7071	0.7066
Minimum:			1.186E+04	4.151E-05	0.6806	0.0000	-0.7326
Minimum:	4.049E+03				0.7326	0.0000	0.6806
Minimum:			3.247E+02	1.136E-06	-0.7066	0.7071	0.0260
Minimum:	1.623E+04				0.7066	0.7071	-0.0260

Strain Energy (J): 7.255E-01 Strain Energy of Distortion (J): 6.749E-01

Calculated: 16-Jul-2011 15:27:44

Print Date: 16-Jul-2011

Page: 9



BISAR 3.0 - Detailed Report

A31_ASSE CARICO

System 1: A31

Position Number: 9 Layer Number: 6 X Coord (m): 1.500E-01 Y Coord (m): 0.000E+00 Z Coord (m): 9.300E-01

Load No.	Distance to Load Axis (m)	Theta (°)	Displacement (m)			Stresses (Pa)						Strains					
			Radial	Tangential	Vertical	Radial	Tangential	Vertical	Rad./Tang.	Rad./Vert.	Tang./Vert.	Radial	Tangential	Vertical	Rad./Tang.	Rad./Vert.	Tang./Vert.
1	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	7.528E-05	2.244E+02	2.244E+02	-3.992E+03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.731E-05	1.731E-05	-4.171E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2	3.000E-01	0.000E+00	4.806E-06	0.000E+00	7.315E-05	4.186E+00	1.723E+02	-3.578E+03	0.000E+00	-7.306E+02	0.000E+00	1.367E-05	1.602E-05	-3.649E-05	0.000E+00	-1.023E-05	0.000E+00

Total Stresses (Pa) XX: 2.286E+02 YY: 3.967E+02 ZZ: -7.570E+03 YZ: 0.000E+00 XZ: -7.306E+02 XY: 0.000E+00
Total Strains XX: 3.098E-05 YY: 3.333E-05 ZZ: -7.820E-05 YZ: 0.000E+00 XZ: -1.023E-05 XY: 0.000E+00
Total Displacements (m) UX: 4.806E-06 UY: 0.000E+00 UZ: 1.484E-04

Principal Values and Directions of Total Stresses and Strains

	Normal Stress (Pa)	Normal Strain	Shear Stress (Pa)	Shear Strain	X Comp.	Y Comp.	Z Comp.
Maximum:	3.967E+02	3.333E-05			0.0000	1.0000	0.0000
Minimum:	2.965E+02	3.193E-05			0.9957	0.0000	-0.0925
Minimum:	-7.638E+03	-7.915E-05			0.0925	0.0000	0.9957
Maximum:			4.017E+03	5.624E-05	-0.0654	0.7071	-0.7041
Minimum:	-3.620E+03				0.0654	0.7071	0.7041
Minimum:			3.967E+03	5.554E-05	0.6387	0.0000	-0.7695
Minimum:	-3.671E+03				0.7695	0.0000	0.6387
Minimum:			5.015E+01	7.020E-07	-0.7041	0.7071	0.0654
Minimum:	3.466E+02				0.7041	0.7071	-0.0654

Strain Energy (J): 3.136E-01 Strain Energy of Distortion (J): 2.975E-01

Calculated: 16-Jul-2011 15:27:44

Print Date: 16-Jul-2011

Page: 10