

IMPIANTI DEPURAZIONE ACQUE

CARRABILITA' DEI MANUFATTI IN P.R.F.V.

Fornitore:



MANZI AURELIO S.r.l.

Via Cassia Km. 94.100
01027 Montefiascone (VT)
Tel. 0039 0761 827185
Fax 0039 0761 827097
www.manzi.it - info@manzi.it

Integrated Management System



INDICE GENERALE

- Dichiarazione carrabilità pag. 3
- Caratteristiche dei materiali pag. 4
- Prove meccaniche di Laboratorio pag. 8
- Interpretazioni dati prove pag. 9
- Foto dimostrative pag. 10
- Verifica della carrabilità di manufatti in PRFV
rilasciata dall'Università degli Studi
di Modena e Reggio Emilia



MANZI AURELIO S.R.L.

Via Cassia Km. 94.100 - 01027 MONTEFIASCONE (VT) ITALY
Tel. +39 0761 827185 - Fax +39 0761 827097
Cap. Soc. € 51.480,00 i.v. - C.F. e P.IVA 00232540567
Reg. Impr. di Viterbo n. 00232540567 - R.E.A. n. 57643
INTERNET : www.manzi.it - E-MAIL : info@manzi.it



Montefiascone, 03/10/2005

CARRABILITA' DEI MANUFATTI IN P.R.F.V. DEI DEPURATORI PER ACQUE REFLUE

Con riferimento alla nostra produzione di impianti di depurazione nelle configurazioni proposte (**depuratori per reflui domestici, depuratori per acque da autolavaggio, disoleatori per acque di piazzale** derivanti da Aree di servizio), specifichiamo le **note sulla carrabilità dei manufatti**.

I manufatti sono **realizzati in P.R.F.V.** (resina poliestere rinforzata con fibra di vetro).

La combinazione di tali due componenti conferisce al manufatto, oltre la **resistenza chimica**, sua peculiare caratteristica, anche una **particolare resistenza meccanica** assicurata dallo spessore idoneo in funzione del diametro noto.

L' utilizzazione inoltre del poliuretano posto ad intervalli sulla superficie e reso solidale con la struttura ne determina la mancanza di qualsiasi flessione sull'asse orizzontale.

Inoltre la particolare esecuzione della base di appoggio dei pozzetti che insiste sopra il passo d'uomo scarica in maniera proporzionale sul manufatto ogni pressione dovesse giungergli dal suolo.

Ferme restando le note di installazione che corredano ogni impianto ed alla luce di quanto sopra, la *Società Manzi S.r.l.*

DICHIARA

che i **manufatti suddetti sono da ritenere carrabili al transito di veicoli pesanti, in Aree di Servizio**, in considerazione dei **risultati di prove sperimentali**, analisi strutturali e del lungo collaudo d'uso relativo alle numerose installazioni già eseguite negli ultimi anni in situazione di tale traffico. Inoltre nella pratica di installazione **il manufatto può essere collocato a qualsiasi profondità, senza bisogno alcuno di prevedere solette di protezione o simili.**

In fede





MANZI AURELIO S.R.L.

Via Cassia Km. 94.100 - 01027 MONTEFIASCONI (VT) ITALY
Tel. +39 0761 827185 - Fax +39 0761 827097
Cap. Soc. € 51.480,00 i.v. - C.F. e P.IVA 00232540567
Reg. Impr. di Viterbo n. 00232540567 - R.E.A. n. 57643
INTERNET : www.manzi.it - E-MAIL : info@manzi.it



Montefiascone, 03/10/2005

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

IMPIANTI DI DEPURAZIONE ACQUE REFLUE E SEPARATORI CON VASCHE IN VETRORESINA (P.R.F.V.)

GENERALITA'

Il P.R.F.V. (resina poliestere rinforzata con fibra di vetro) e' un materiale composto da una resina termoindurente rinforzata con fibra di vetro, con sovrapposizione di mat da 300-450 gr/mq fino a spessore adeguato.

La resistenza alla corrosione dipende dalla resina, mentre quella meccanica dal contenuto percentuale in peso del materiale di rinforzo (vetro) e dal suo orientamento nello stratificato.

Chimicamente le resine sono costituite da poliesteri lineari insaturi, sottoposti ad un processo di reticolazione mediante un agente reticolante che è in genere lo stirene .

SISTEMA DI FABBRICAZIONE

Nella pratica produttiva i manufatti sono costruiti attorno ad un apposito stampo utilizzando una soluzione di poliestere insaturo al quale va aggiunta una certa quantità di catalizzatore che aumenta la velocità di reazione a temperatura ambiente.

L'immissione di fibre di vetro conferisce alla resina nel corso della polimerizzazione, la resistenza meccanica necessaria (vedi schema allegato).

CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE

Le vasche in vetroresina così realizzate mostrano le seguenti caratteristiche peculiari:

1. Sono materiali termoindurenti e pertanto chimicamente definiti e quindi stabili.
2. Sono atermici e quindi non accusano sbalzi di temperatura preservando al meglio il contenuto.
3. Sono leggeri (circa 1.5 - 1.8 Kg. / mq / mm) di spessore, resistenti a traffico pesante e particolarmente adatti al trasporto
4. Sono facilmente riparabili anche in caso di grave urto e pertanto di durata illimitata.

Particolarmente conveniente è quindi la adozione della vetroresina per la realizzazione dei manufatti che costituiscono gli **impianti di depurazione** ed i **separatori**, sia nelle costruzioni monoblocco, che in quelle articolate in più vasche.

Infatti, la vetroresina assicura la realizzazione di bacini a perfetta tenuta idraulica, senza rischi di perdite di liquame nel terreno circostante o di infiltrazioni di falda e garantisce la durata del prodotto nel tempo, anche in situazioni critiche dal punto di vista della corrosione o dell' invecchiamento agli agenti atmosferici.

I manufatti in vetroresina consentono poi un agevole ed economico trasporto nei luoghi di installazione ed una messa in opera resa semplice e precisa dal ridotto peso delle vasche, mentre la eccellente resistenza meccanica del prodotto consente realizzazioni nelle più svariate condizioni operative.

I depuratori biologici ed i **separatori Manzi** nascono dalla applicazione al **settore ecologico** della trentennale esperienza Manzi nel settore della vetroresina e dei **prodotti per l' ambiente** e, grazie ad una accurata fase di progettazione e dimensionamento, forniscono eccellenti prestazioni ed il pieno rispetto dei livelli di qualità richiesti dalla normativa vigente.

CARATTERISTICHE DELLE RESINE IMPIEGATE

➤ PROPRIETÀ GENERALI

Le resine adottate sono del tipo:

- Resine poliestere isoftaliche formulate specialmente per resistere ad agenti chimici, petrolio ed acqua e particolarmente idonee per la produzione di serbatoi, tubi e condotte.
- Resine isoftaliche a basso esotermo indicate per laminati applicati bagnato su bagnato da 5 a 20 mm in relazione al tipo di rinforzo.
- Resine tixotropiche ed accelerate ed adatte per applicazioni a mano, a spruzzo o filament-winding.

➤ PROPRIETÀ FISICHE

I materiali hanno le seguenti proprietà fisiche:

- Dati fisici delle resine in stato liquido a 23° C :
 - PESO SPECIFICO 1.10 g/cm³ ISO2811
 - N° ACIDITÀ 15 mgKOH/g ISO2114
 - CONTENUTO STIRENE 45±2 % peso
 - PUNTO DI INFIAMMABILITÀ 34 °C ASTMD3278-73

➤ PROPRIETÀ MECCANICHE

I materiali posseggono le seguenti caratteristiche meccaniche ottenute con certificato di prova della SIR INDUSTRIALE in data 08/04/2002 (*allegato di seguito*):

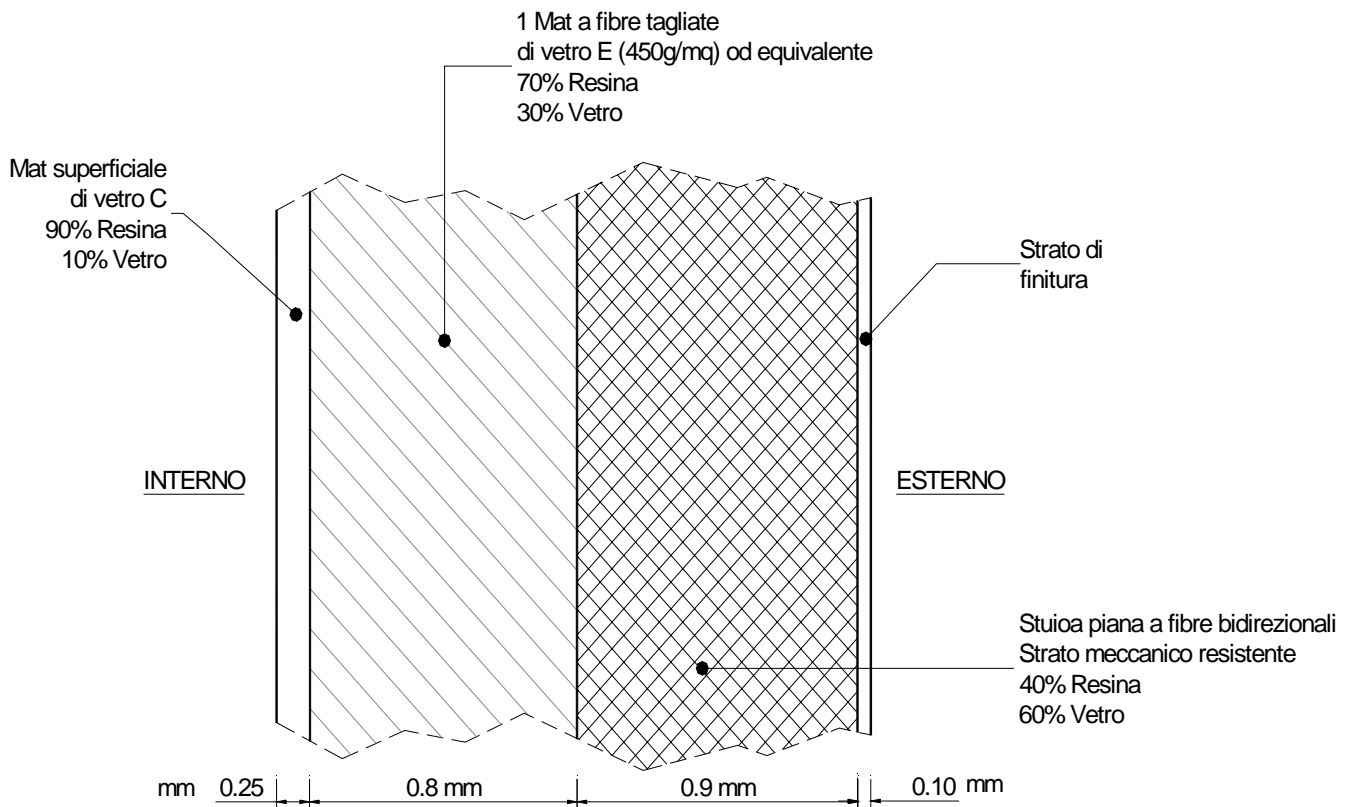
| TEST | 3 MAT 450 1 STUOIA 500 | 3 MAT 450 2 STUOIA 500 | 5 MAT 450 3 STUOIA 500 | U.M. |
|-----------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-------|
| Flessione (ASTMD 790) | | | | |
| Modulo elastico | 7745 | 7999 | 9212 | Mpa |
| Stress a rottura | 236 | 234 | 257 | Mpa |
| Strain a rottura | 0.0347 | 0.0326 | 0.0315 | mm/mm |
| Spessore provini | 3.17-3.64 | 3.92-4.21 | 5.68-6.79 | mm |
| Trazione (ISO 3268) | | | | |
| Modulo elastico | 10310 | 12000 | 12550 | Mpa |
| Stress a rottura | 137 | 160 | 181 | Mpa |
| Spessore provini | 3.43-3.51 | 4.00-4.35 | 5.44-6.40 | Mm |
| Diametro | 1200 | 1600 | 2000 | |

➤ PROPRIETÀ DIMENSIONALI

Le caratteristiche costruttive delle vasche, spessori, fondi, pareti e calotte sono di seguito riportati :

| DIAM spessore <i>mm</i> | PARETI spessore <i>mm</i> | FONDI spessore <i>mm</i> | CALOTTE spessore <i>mm</i> | COSTOLATURE | |
|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| | | | | Spessore <i>mm</i> | Interasse long <i>mm</i> |
| 1200 | 3,3 | 5,0 | 10,6 | 25 | 800 |
| Stratificazione | 3 mat-1 stuoia | 4 mat-2 stuoia | | rowing | |
| 1600 | 4,2 | 5,9 | 11,3 | 25 | 600 |
| Stratificazione | 3 mat-2 stuoia | 4 mat-3 stuoia | | rowing | |
| 2000 | 6,7 | 7,5 | 14,0 | 25 | 400 |
| Stratificazione | 5 mat-3 stuoia | 6 mat-3 stuoia | | rowing | |
| 2350 | 6,7 | 7,5 | 16,0 | 25 | 400 |
| Stratificazione | 5 mat-3 stuoia | 6 mat-3 stuoia | | rowing | |

COMPOSIZIONE TIPO DELLA PARETE IN UN RECIPIENTE IN P.R.F.V.



PROVE MECCANICHE DA LABORATORIO



Lab. Caratterizzazioni Chimico/Fisiche

PROVE MECCANICHE MATERIALI PLASTICI E COMPOSITI

CAMPIONI: Laminato UP/Vetro (3 mat 450 -1 stuoia 500) cliente MANZI
 Laminato UP/Vetro (3 mat 450 -2 stuoia 500) cliente MANZI
 Laminato UP/Vetro (5 mat 450 -3 stuoia 500) cliente MANZI

CATALISI-CURA Laminati preparati dal cliente

Tests eseguiti in direzione Ordito

RISULTATI

| TEST | 3 mat 450 1 stuoia 500 | c.v | 3 mat 450 2 stuoia 500 | c.v | 5 mat 450 3 stuoia 500 | c.v | U.M. |
|------------------|---------------------------|-----|---------------------------|-----|---------------------------|-----|-------|
| FLESSIONE | | | | | | | |
| MODULO Elastico | 7745 | 6% | 7999 | 3% | 9212 | 5% | MPa |
| STRESS a Rottura | 236 | 5% | 234 | 4% | 257 | 5% | MPa |
| STRAIN a Rottura | 0,0347 | 4% | 0,0326 | 4% | 0,0315 | 4% | mm/mm |
| SPESSORE Provini | 3.17÷3.64 | | 3.92÷4.21 | | 6.68÷6.79 | | mm |
| TRAZIONE | | | | | | | |
| MODULO Elastico | 10310 | 7% | 12000 | 7% | 12550 | 13% | MPa |
| STRESS a Rottura | 137 | 4% | 160 | 8% | 181 | 5% | MPa |
| SPESSORE Provini | 3.43÷3.51 | | 4÷4.35 | | 5.44÷6.4 | | mm |

NB La prova di flessione è stata eseguita con il lato stampo in trazione.

NORMATIVE:

Flex: ASTM D790

Trazione: ISO 3268

INTERPRETAZIONE DATI PROVE

Come di evince dalle prove meccaniche materiali plastici e compositi effettuate dal Laboratorio di caratterizzazioni chimico-fisiche della SIR INDUSTRIALE di Milano lo stress a rottura che risulta essere la prova di resistenza ai fini della dichiarazione di carrabilità del manufatto sono state valutate in base alle spessore dei componenti.

In particolare il tipo di prova anzidetta rivela:

| | |
|------------------|---|
| I° CASO | Stress a rottura pari a 236 MPa (Mega Pascal) oppure pari a 2360 Kg/cm ² |
| II° CASO | Stress a rottura pari a 234 MPa (Mega Pascal) oppure pari a 2340 Kg/cm ² |
| III° CASO | Stress a rottura pari a 257 MPa (Mega Pascal) oppure pari a 2570 Kg/cm ² . |

Ciò induce più chiaramente ad esprimere lo stress a rottura, in termini comparati con materiali abitualmente usati per lo scopo come segue:

| | |
|--------------------|---|
| ACCIAIO | Stress a rottura pari a 300 MPa (<i>Mega Pascal</i>) oppure pari a 3000 Kg/cm² |
| VETRORESINA | Stress a rottura pari a 257 MPa (<i>Mega Pascal</i>) oppure pari a 2570 Kg/cm² |
| CEMENTO | Stress a rottura pari a 50 MPa (<i>Mega Pascal</i>) oppure pari a 500 Kg/cm² |

FOTO DIMOSTRATIVE

PROVE DI CARICO



< effettuata su
manufatto
interrato per due
terzi
con peso gravante
direttamente
sulla sella
pari a **33 q.li**

< effettuata su
manufatto
interrato per due
terzi
con peso gravante
direttamente
sulla sella
pari a **44 q.li**



| | | |
|---|--|---|
| Ing. GIORGIO SERAFINI | DIMeC | STUDIO |
| Docente di Tecnica delle Costruzioni | Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Civile Università degli Studi di Modena e Reggio E. Via Vignolese 905-41100 Modena Tel. 059.2056111 – serafini.giorgio@unimo.it | Via Valdrighi 2-41100 Modena Tel. 059.371009 fax 059.3680113 giserafi@tin.it |

**OGGETTO: VERIFICA DELLA CARRABILITÀ
DI MANUFATTI IN PRFV
SOGGETTI A CARICHI STRADALI**

**DESTINAZIONE D'USO IMPIANTI DI TRATTAMENTO ACQUE REFLUE
IN AREE DI SERVIZIO**

1. Premesse.

Nelle pagine che seguono si verifica, sotto l'effetto di carichi stradali, il manufatto "separatore oli minerali leggeri e benzine" modello GN20 di costruzione della ditta Manzi Aurelio S.r.l. di Montefiascone (VT).

2. Normativa e raccomandazioni di riferimento.

- Legge 5 Novembre 1971, n.1086.
- Legge 2.2.1974 n.64: "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".
- Circ. Illustrativa M. LL. PP. n.11951 del 14.2.1974.
- D.M. 16 gennaio 1996: "norme tecniche relative ai "criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi""
- Circ. M. LL. PP. 4.7.1996 n.156AAGG/STC "Istruzioni per l'applicazione delle "norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" di cui al D.M. 16 gennaio 1996"
- D.M. 14.2.1992: "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche".
- D.M. 09.01.1996 "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche".
- Circ. M. LL. PP. 15.10.1996 n.252AAGG/STC "Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" di cui al D.M. 9 gennaio 1996"
- D. M. 11.3.1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce ...".
- D.M. 4.5.1990 "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, la esecuzione e il collaudo dei ponti stradali".

3. Caratteristiche dei materiali impiegati.

Il materiale impiegato è costituito da composito del tipo P.R.F.V., in particolare le pareti sono costituite da:

lato interno

| | | |
|---|------------------------------|--------------------------|
| mat superficiale di vetro | 90% di resina e 10% di vetro | spessore 0,25 mm |
| 5 mat a fibre tagliate | 70% di resina e 30% di vetro | spessore 0,8 mm ciascuno |
| 3 stuoia piana bidirezionale strato di finitura | 40% di resina e 60% di vetro | spessore 0,9 mm ciascuna |

lato esterno

spessore totale 6.68 mm circa

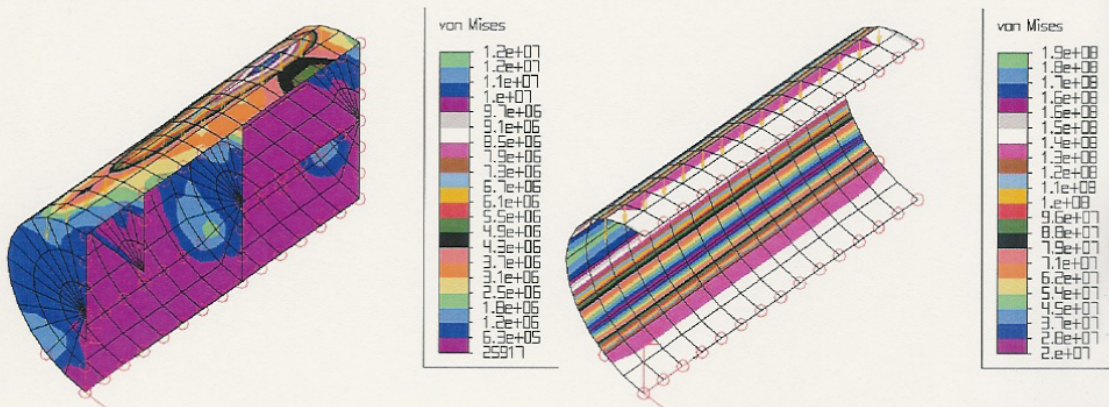
La tensione di rottura a flessione su provino, che è sostanzialmente coincidente con quella di snervamento ($\epsilon_r=3,15\%$) risulta $f_{yk}=257$ Mpa; la tensione di rottura a trazione su provino, che è sostanzialmente coincidente con quella di snervamento risulta $f_{yk}=181$ Mpa, come deducibile dalle prove di laboratorio della SIR Industriale.

Le verifiche del materiale composito, in analogia a quanto fatto per le fibre aramidiche o per le fibre di carbonio, possono essere impostate sulla base della normativa agli stati limiti o delle tensioni ammissibili.

Per tali materiali compositi, è previsto un allungamento massimo del composito allo stato limite ultimo del 7 % e la verifica alla rottura, tenuto conto anche delle sollecitazioni dinamiche, è eseguita con un coefficiente unitario per passare dal valore caratteristico a quello di calcolo. Si assumerebbe, quindi, a flessione $f_{yd}=257$ Mpa. In una verifica alle tensioni ammissibili, quindi, si applicherebbe il coefficiente di sicurezza previsto per i carichi accidentali $\gamma_Q=1,5$. La tensione ammissibile adottata risulterebbe, quindi, $\sigma_{amm}=181/1,5=121$ Mpa = 121 N/mm². Appare opportuno, invece, prevedere un coefficiente di sicurezza maggiore sul materiale, giungendo ad un valore della tensione ammissibile $\sigma_{amm}=181/2,25=80$ Mpa = 80 N/mm².

4. Il modello di calcolo e la pressione resistente.

In una prima fase si è effettuata una modellazione di taratura agli elementi finiti con il programma SuperSap della Algor (elementi plate and shell).



Modello con i setti interni.

La tensione massima vale $1.2 \cdot 10^7$ Pa

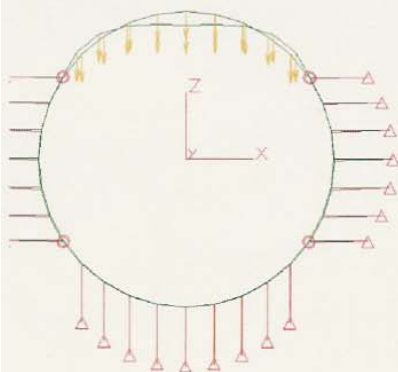
Modello senza i setti interni.

La tensione massima vale $1.9 \cdot 10^8$ Pa

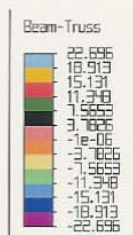
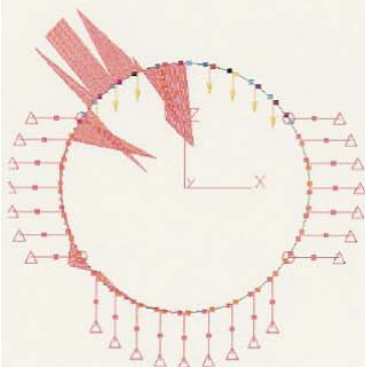
Il modello di verifica è stato fatto per evidenziare l'influenza dei setti interni. Si è modellato il manufatto, con una condizione di vincolo e di carico campione, con e senza tali setti interni e

trasversali. Come si vede dalle restituzioni delle tensioni di von Mises in falsi colori, lo schema calcolato in stato piano di deformazione, trascurando la presenza dei setti interni, consente un calcolo ampiamente a favore di sicurezza. Si è proceduto, quindi, a modellare il manufatto secondo uno schema a stato piano di deformazione, come un anello su suolo elastico alla Winkler. Si è adottata, quindi, la modellazione proposta da *de Sadeleer* per il calcolo delle tubazioni interrato. La rigidezza del terreno è stata modellata con bielle che forniscono una rigidezza equivalente ad una costante di sottofondo $k = 0,1 \text{ N/mm}^2$.

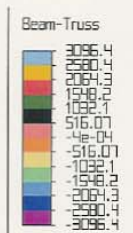
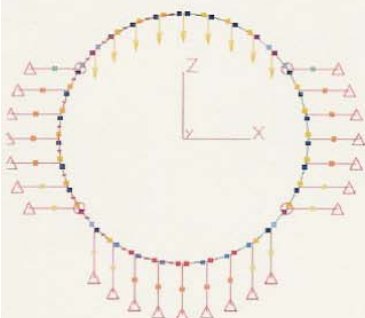
Nel calcolo sono state introdotte 9 forze verticali da 500 N ciascuna, pari ad un carico totale di 4500 N, applicato su una superficie di $1,00 \times 1,41 = 1,41 \text{ m}^2$. La pressione media è di $3,191 \text{ kN/m}^2$. Si riportano i diagrammi delle azioni interne risultanti.



Andamento della deformata trasversale. Le aste orizzontali e verticali poste esternamente alla circonferenza sono le molle che modellano il terreno come suolo elastico. Lo schema mostra la deformata amplificata sotto il carico applicato sul terreno. (Valori per il carico di calcolo)



Andamento del diagramma dei momenti flettenti sull'anello trasversale. Il momento massimo sull'asse di simmetria tende le fibre interne e vale $22,51 \text{ Nm/m}$. Il momento massimo alle reni tende le fibre esterne e vale $-22,53 \text{ Nm/m}$. (Valori per il carico di calcolo)



Andamento del diagramma degli sforzi assiali sull'anello trasversale. Lo sforzo assiale massimo sull'asse di simmetria vale -2153 N/m . Lo sforzo assiale massimo alle reni vale -2476 N/m . (Valori per il carico di calcolo)

La tensione sollecitante calcolata in campo lineare si trova alle reni e risulta:

$$\sigma = 6 \times 22530 / (1000 \times 6,68^2) + 2476 / (1000 \times 6,68) = 3,03 + 0,37 = 3,40 \text{ N/mm}^2$$

Poiché la tensione ammissibile è $\sigma_{amm} = 80 \text{ N/mm}^2$, le riserve tensionali corrispondono ad una riserva di resistenza definibile per proporzionalità. La pressione massima ammissibile risulta, quindi, pari a $(80/3,4) \times 3,191 = 75,08 \text{ kN/m}^2$.

5. La pressione sollecitante.

La sollecitazione di calcolo è definita all'interno del D.M. 4.5.1990 "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, la esecuzione e il collaudo dei ponti stradali". Il carico da considerarsi è quello cosiddetto dell'"asse in svio", e corrisponde al carico q_{1c} definito al punto 3.4.1.. In particolare si ha $q_{1c} = 100 \text{ kN}$, applicato su un'impronta quadrata di 30 cm di lato. A tale valore deve essere applicato l'incremento dinamico del punto 3.5 che può essere calcolato in funzione della luce del ponte L e vale $\Delta = 1,4 - (L - 10) / 150$, che, per la luce tendente a zero, vale $\Delta = 1,4$. Si assume, quindi, un carico concentrato sull'area d'impronta sopra definita pari a $Q_k = 140 \text{ kN}$.

Per tale azione si può supporre che, man mano che ci si riferisca ad una sezione più profonda del terreno, si abbia una ripartizione secondo un'inclinazione a 45° . Nella tabella seguente, per vari valori del ricoprimento, si calcola la pressione a varie profondità per il carico massimo di norma pari a 140,00 kN (quarta colonna) ed il valore del massimo carico applicabile all'area d'impronta di $30 \times 30 \text{ cm}^2$ che mantiene il livello tensionale all'interno dei valori ammissibili.

| carico applicato | | 140,00 kN | |
|---|----------------|---------------|--------------------------------------|
| lato dell'area quadrata | | 0,30 m | |
| carico max ammissibile su base 30x30 [kN] | profondità [m] | lato area [m] | pressione media [kN/m ²] |
| 60,81 | 0,30 | 0,90 | 172,84 |
| 90,85 | 0,40 | 1,10 | 115,70 |
| 126,89 | 0,50 | 1,30 | 82,84 |
| 168,93 | 0,60 | 1,50 | 62,22 |
| 216,98 | 0,70 | 1,70 | 48,44 |
| 271,04 | 0,80 | 1,90 | 38,78 |
| 331,10 | 0,90 | 2,10 | 31,75 |
| 397,17 | 1,00 | 2,30 | 26,47 |
| 469,25 | 1,10 | 2,50 | 22,40 |
| 547,33 | 1,20 | 2,70 | 19,20 |
| 631,42 | 1,30 | 2,90 | 16,65 |
| 721,52 | 1,40 | 3,10 | 14,57 |
| 817,62 | 1,50 | 3,30 | 12,86 |

6. La prova di carico.

In stabilimento è stata realizzata una prova di carico interrando il manufatto per metà altezza ed applicando direttamente i carichi in corrispondenza di uno dei passi d'uomo. Non è stato possibile strumentare il manufatto; è stato applicato un carico massimo, comunque, pari a 44,00 kN. Si ritiene utile rilevare, come si vede bene nella Foto 2, che la cisterna era posizionata in prossimità del bordo del rilevato, per cui il terreno riusciva ad esplicare l'azione inferiore di sostegno, ma non quella laterale di contenimento. Tale situazione di carico, quindi, era particolarmente gravosa in termini flessionali. La prova si è conclusa senza che la struttura manifestasse patologie visibili.



Foto 1 – Vasca per il trattamento di acque reflue in aree di servizio. Fase di caricamento durante una prova di carico eseguita in stabilimento. Lo schema statico è particolarmente gravoso in quanto manca l'azione di contenimento laterale del terreno.



Foto 2 – Vasca per il trattamento di acque reflue in aree di servizio. Caricamento massimo (circa 44 kN) durante una prova di carico eseguita in stabilimento. Lo schema statico realizzato non prevede ripartizione del carico e, per la mancanza di contenimento laterale, realizza la massima ovalizzazione del manufatto.

7. Conclusioni.

Sulla base di quanto detto, e dei calcoli sopra esposti, si può concludere che il manufatto considerato è carrabile per strade di 1° categoria, le più gravose previste dalla normativa italiana, ed in particolare:

- è in grado di reggere il massimo carico previsto dalla normativa vigente per strade di 1° categoria (140 kN), tenuto conto di un coefficiente di amplificazione che tiene conto degli effetti dinamici, se ha un ricoprimento di circa 60 cm di terreno;
- è in grado di reggere il massimo carico previsto dalla normativa vigente per strade di 1° categoria (100 kN), trascurando il coefficiente di amplificazione che tiene conto degli effetti dinamici, se ha un ricoprimento di circa 50 cm di terreno;
- per valori inferiori di ricoprimento è possibile reggere carichi concentrati inferiori: ad esempio, con 30 cm di ricoprimento è possibile reggere un carico massimo di 60,81 kN (6,081 t) applicato ad una superficie 30x30 cm².

Modena, 22 dicembre 2003

Giorgio Serafini

