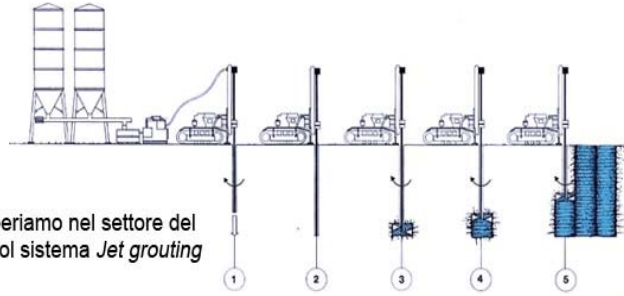




**CCPLAVORI**  
Consolidamenti jet grouting



Dal 1975 operiamo nel settore del consolidamento dei terreni col sistema *Jet grouting*

**G.B. RICAMBI S.p.A.**

**Consolidamento pavimento per magazzino automatizzato**

**NUOVA SEDE G.B. Logistic . Nonantola (MO)**

**IMPRESA Scianti S.n.c.**

**Modena**



**Superficie coperta mq 8.000**

**Struttura prefabbricata di grande maglia con plinti di fondazione su pali in ghiaia.**

**Sovraccarico sul pavimento:**

6.000 kg/mq

**Consolidamento del pavimento con metodo jet grouting :**

Colonne monofluido da  $\varnothing$  0,80 a  $\varnothing$  1,10 ad interasse variabile per sostenere un pavimento in c.a. spessore cm 50 e sovraccarico di 6 ton/mq.

**Problematiche:**

Il fabbricato era già stato realizzato con plinti su pali in ghiaia senza che inizialmente fosse previsto nessun tipo di consolidamento del pavimento.

Successivamente l'esigenza di dover garantire una portata del pavimento di circa 6.000 kg/mq con cedimenti ridottissimi ha comportato un intervento di consolidamento diffuso.

Nonostante la presenza di sacche di materiale organico di una precedente porcilaia il lavoro ha dato ottimi risultati.

**Il consolidamento del terreno con colonne jet grouting ha consentito al cliente la soluzione del problema con un aggravio di costi limitato rispetto ad altre soluzioni e una riduzione dei tempi di esecuzione.**



La soluzione individuata è consistita nell'esecuzione di circa 1400 colonne jet grouting del diametro di  $0,80 \div 1,10$  m e una lunghezza variabile di  $8,00 \div 10,00$  m circa a seconda dei carichi, disposte in pianta in modo da uniformare il più possibile i cedimenti .

Prima dell'inizio dei lavori si è provveduto alla mappatura delle zone inquinate (mediante circa 60 penetrometriche statiche) e alla realizzazione di un campo prove costituito da n. 8 colonne  $\varnothing 0,80 - 0,90 - 1,10$  m per verificare la fattibilità dell'opera e la tecnologia più indicata (jet grouting monofluido) per risolvere i problemi già evidenziati.



**CCP LAVORI**  
Consolidamenti jet grouting

# PROVA DI CARICO

## Opere di consolidamento terreno e di fondazione di Magazzino Intensivo

Il progetto consiste nella realizzazione di una fondazione adeguata alla portanza di un magazzino di stoccaggio di tipo intensivo presso lo Stabilimento della GB logistic di Nonantola (MO). Trattasi di un'area di circa 8000 mq che nell'esercizio del magazzino, una volta completato e a regime, verrà sovraccaricata mediamente da un carico variabile di oltre 6 t/mq, con zone sottoposte a carichi superiori ai 7,5 t/mq ed altre di minore intensità. Data l'estensione dell'area del magazzino, sulla base della richiesta di limitare i cedimenti della pavimentazione, preservandone soprattutto la planarità nel tempo, in considerazione della possibile variabilità di caricamento, si imponeva un'opera di consolidamento del terreno sulla base di un'accurata indagine di natura geotecnica sull'interazione fondazione - terreno nella specifica condizione in cui si sarebbe rilevato il sito, a mezzo di ripetuti sondaggi e prove penetrometriche.

Il terreno è caratterizzato da stratificazioni argillo-limose e di limi argillosi più o meno consistenti fino alla profondità indagata di circa 20 m, con un banco superficiale di potenza 2- 2,5 m di terreno rimaneggiato, non consolidato, con presenza discontinua di sostanze organiche dello spessore variabile da 40 a 100 cm circa. L'origine di questa anomalia è da imputare all'interramento, avvenuto alcuni anni fa, di "lagoni" di accumulo di liquame di un preesistente allevamento suinicolo, senza che fosse stata fatta un'adeguata opera di bonifica del terreno. La presenza di una stratificazione argillosa superficiale di colore nero e maleodorante, scarsamente coesiva, con una resistenza di punta inconsistente, per di più non omogeneamente localizzata nell'area di intervento, ha richiesto un'ulteriore indagine geologica più circoscritta e mirata all'individuazione dell'esatta posizione dei vecchi "lagoni", in vista della modalità dell'intervento di consolidamento e delle metodiche di realizzazione.



**CCP LAVORI**  
Consolidamenti jet grouting

Lo strato di materia organica che è stato rilevato da sondaggi effettuati in tutta l'area del magazzino, ha una profondità variabile tra -1.50 e -2.5 m dal piano campagna ed avrebbe prodotto, se non adeguatamente trattato, forti cedimenti e soprattutto difformità di assestamento da zona a zona, non accettabile per la destinazione d'uso del magazzino.

E' stata individuato nella tecnologia dei pali Jet-grouting il sistema più idoneo per eseguire il consolidamento del terreno, che nel caso specifico del cantiere in oggetto si è rivelato molto efficace anche per neutralizzare gli effetti negativi dallo strato di terreno inquinato.

Trattasi di pali realizzati con iniezione di boiaccia di cemento ad alta pressione nel terreno in modo da costituire una colonna di conglomerato terroso di determinato diametro, che a maturazione raggiunge una discreta resistenza, a cui si fa riferimento nel dimensionamento e nelle verifiche statiche (resistenza compresa tra 25 e 30 daN/cm<sup>2</sup>). I pali sostengono una platea di cemento armato di spessore globale di 50 cm comprendente anche lo strato di pavimentazione gettata senza soluzione di continuità col fondo.

Da prove svolte in cantiere con pali Jetting di diverso diametro in corrispondenza delle zone inquinate, una volta riesumati, si è potuto mettere a punto la tecnica di esecuzione dell'iniezione della boiaccia nel tratto critico di attraversamento dello strato organico. In pratica si è rilevato che la ripresa di più passate concentrate nello strato (tre passate: una in discesa e due in risalita) ha determinato l'allontanamento periferico del terreno organico, che non viene miscelato alla boiaccia, ma viene confinato alla periferia del palo, che mantiene la sua integrità nella sezione e continuità strutturale di colonna.

Un'altra problematica per l'esecuzione delle opere di consolidamento del terreno è data dal fatto che la struttura del capannone in cui viene inserito il magazzino intensivo è già realizzato, con stilate di pilastri esterne ed interne. In vicinanza dei pilastri portanti, si è reso necessario creare delle piazzole, verificate come lastre appoggiate a pali disposti secondo il perimetro di un quadrato di 6,20 x 6,20 m in modo da non aggravare con ulteriori i carichi il plinto dimensionato per la sola struttura prefabbricata del capannone.

Dette lastre hanno uno spessore di 50 cm con armatura simmetrica nelle due direzioni principali. Un' analoga soluzione è stata adottata per i plinti delle pareti frontali considerando piastre di forma rettangolare. La disposizione dei pali, gli interassi e la loro sezione (diam. 80 cm) è determinata dalla necessità di non creare interferenze con i pali in ghiaia (Geopier) che sono stati adottati per consolidare il terreno sotto i plinti del capannone. Si è reso necessario un controllo sistematico dell'assetto delle strutture portanti (pilastri) durante la fase di iniezione dei pali Jetting. A ciò si è provveduto con livelli laser durante i lavori di iniezione nel terreno, rilevando ogni minimo spostamento dei pilastri durante l' esecuzione di pali in vicinanza dei plinti esistenti: si è proceduto con la necessaria cautela alla esecuzione dei pali lasciando un congruo intervallo di tempo nell'esecuzione tra pali vicini.

I pali Jetting sono stati disposti seguendo la geometria delle scaffalature che saranno impiegate per larga parte del magazzino (Area Supino). Si sono quindi eseguite coppie di pali, in corrispondenza dei montanti dei telai metallici secondo la maglia 3,50 x 2,80.

In area ove presente un carico diffuso superficialmente, dato il breve interasse dei montanti dell'impianto (Area TGW) la disposizione dei pali segue un reticolo regolare di 2,8 x 2,075 m. L' uniformità di comportamento statico dell'insieme, costituito dalla fondazione e dalle sotto-strutture di consolidamento, è determinata dalla realizzazione della platea di spessore costante di 50 cm armata nelle due direzioni principali concepita come lastra continua bidirezionale. La giacitura avviene su un terreno consolidato da un reticolo di pali disposti a coppie o singolarmente con lunghezza variabile in relazione alla estensione del magazzino. I pali posizionati nella zona centrale si realizzano con profondità maggiore rispetto a quelli laterali per limitare la depressione che normalmente si avverte nelle strutture di fondazione quando queste raggiungano dimensioni ragguardevoli, come nel caso in esame. L' uniformità di comportamento statico dell'insieme, costituito dalla fondazione e dalle sotto-strutture di consolidamento, è determinata dalla realizzazione della platea di spessore costante di 50 cm armata nelle due direzioni principali concepita come lastra continua bidirezionale. La giacitura avviene su un terreno consolidato da un reticolo di pali disposti a coppie o singolarmente con lunghezza variabile in relazione alla estensione del magazzino.



**CCP LAVORI**  
Consolidamenti jet grouting

I pali posizionati nella zona centrale si realizzano con profondità maggiore rispetto a quelli laterali per limitare la depressione che normalmente si avverte nelle strutture di fondazione quando queste raggiungano dimensioni ragguardevoli, come nel caso in esame. La scelta è stata indirizzata nella tipologia di fondazione a lastra di spessore uniforme per le seguenti motivazioni:

- Presenza nella platea di fondazione di aree e piazzole con comportamento di lastra bidirezionale con spessore di 50 cm che si rendono necessarie per i carichi diffusi e per circondare i plinti esistenti.
- Uniformità del carico trasmesso al sottostante terreno consolidato dai pali jetting derivate da una disuniformità delle azioni trasmesse dalle scaffalature. La ripartizione dei carichi viene meglio distribuita con una struttura resistente in modo bidirezionale rispetto ad una che resista in modo monodirezionale.
- Vengono assorbite in modo più agevole i diseallineamenti accidentali e casuali dovuti a imperfezioni durante la realizzazione dei pali.
- Possibilità di modificare lo schema strutturale del magazzino in quanto la platea è verificata a punzonamento per i massimi carichi previsti .

Prima dell'inizio dei lavori di consolidamento jetting ( di seguito illustrati da varie foto) si è provveduto, mediante prove geognostiche ( circa 60 penetrometriche statiche ), alla mappatura delle aree inquinate è stato anche allestito un campo prove ( 8 colonne  $\Phi$  80,  $\Phi$  90  $\Phi$ 110) attraverso le quali si è confermata la fattibilità dell'opera e la validità della tecnologia adottata (jet grouting monofluido) e della messa a punto di particolari accorgimenti per superare l'ostacolo degli strati inquinati dal materiale organico.

Le otto colonne del campo prova ( di cui quattro sono risultate in terreno non inquinato e quattro in terreno contenente uno strato organico di 50/60 cm alla quota -2,00 circa dal piano campagna) sono state esumate per:

- Controllare il diametro delle colonne
- La messa a punto della miscela d'iniezione (boiaccia di cemento)
- La resistenza a rottura del conglomerato

La messa a punto dei parametri d'iniezione con particolare attenzione ai terreni inquinati.

Fin dall'inizio dei lavori sono stati eseguiti test penetrometrici ( con l'ausilio di micropenetrometro) sia sul materiale refluo salito in superficie che su campioni di materiale prelevati sistematicamente e specialmente dalle colonne realizzate in zona inquinata.

Le prove eseguite, sui diversi campioni prelevati ( a rottura e modulo elastico), presso il laboratorio geotecnologico di Parma sono servite per verificare la qualità del conglomerato.

Si è provveduto a realizzare due prove di carico (di seguito documentate)

Una colonna  $\Phi 110$  con una lunghezza utile di circa 8,00 m e carico di prova di 1,5 volte il carico d'esercizio prescritto (in regime elastico) da cui risulta un cedimento massimo di 2,04 mm con un residuo immediato di 0.24 mm allo scarico e di 0.09 mm dopo venti minuti

Dopo il primo step di carico la colonna è stata ricaricata ( sino ad arrivare a 2,5 volte il carico d'esercizio) con un cedimento (in parte elastico) di 11,38 mm ed un residuo dopo venti minuti dallo scarico di circa 4,68 mm.

La prova effettuata sulle coppie di colonne  $\Phi 90$  caricate con un carico di prova di circa 1.5 volte il carico d'esercizio ha dato un cedimento massimo di 1.96 mm ed un residuo di 0.11 mm dopo 1,45 ore.



**CCP LAVORI**  
Consolidamenti jet grouting

# G.B. LOGISTIC - Nonantola

Prova di carico su due colonne abbinate  $\varnothing$  90 cm

## PROVA IN REGIME ELASTICO

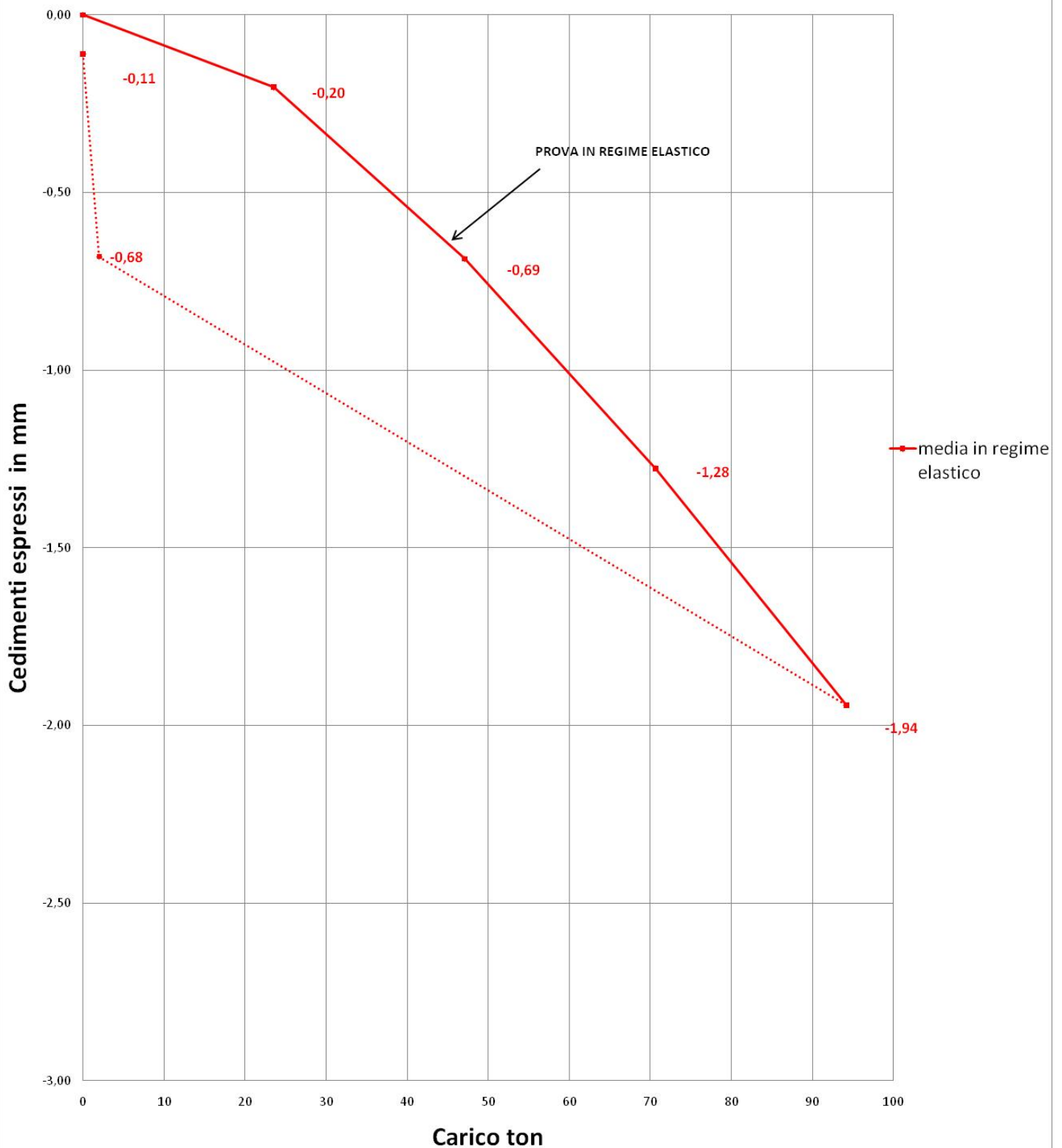
| ora   | carico<br>ton | pressione<br>bar | flessimetri      |           |                  |        |                  |        | media in<br>regime<br>elastico |
|-------|---------------|------------------|------------------|-----------|------------------|--------|------------------|--------|--------------------------------|
|       |               |                  | $\Delta$ 1 in mm | flex<br>1 | $\Delta$ 2 in mm | flex 2 | $\Delta$ 3 in mm | flex 3 |                                |
| 11,00 | 0             | 0                | 0                | 7,35      | 0                | 13,86  | 0                | 15,06  | 0,00                           |
| 11,00 | 24            | 50               | -0,18            | 7,53      | -0,21            | 14,07  | -0,21            | 15,27  | -0,20                          |
| 11,05 | 24            | 50               | -0,19            | 7,54      | -0,21            | 14,07  | -0,21            | 15,27  | -0,20                          |
| 11,15 | 24            | 50               | -0,19            | 7,54      | -0,2             | 14,06  | -0,22            | 15,28  | -0,20                          |
| 11,18 | 47            | 100              | -0,66            | 8,01      | -0,73            | 14,59  | -0,63            | 15,69  | -0,67                          |
| 11,23 | 47            | 100              | -0,66            | 8,01      | -0,76            | 14,62  | -0,64            | 15,7   | -0,69                          |
| 11,33 | 47            | 100              | -0,66            | 8,01      | -0,74            | 14,6   | -0,64            | 15,7   | -0,68                          |
| 11,35 | 71            | 150              | -1,23            | 8,58      | -1,4             | 15,26  | -1,19            | 16,25  | -1,27                          |
| 11,37 | 71            | 150              | -1,23            | 8,58      | -1,4             | 15,26  | -1,2             | 16,26  | -1,28                          |
| 11,50 | 71            | 150              | -1,23            | 8,58      | -1,41            | 15,27  | -1,21            | 16,27  | -1,28                          |
| 11,53 | 94            | 200              | -1,84            | 9,19      | -2,12            | 15,98  | -1,79            | 16,85  | -1,92                          |
| 11,55 | 94            | 200              | -1,87            | 9,22      | -2,14            | 16     | -1,82            | 16,88  | -1,94                          |
| 12,08 | 94            | 200              | -1,9             | 9,25      | -2,16            | 16,02  | -1,84            | 16,9   | -1,97                          |
| 12,25 | 2             | 10               | -0,98            | 8,33      | -1,02            | 14,88  | -0,04            | 15,1   | -0,68                          |
| 14,00 | 0             | 0                | -0,44            | 7,79      | -0,36            | 14,22  | 0,47             | 14,59  | -0,11                          |



**CCP LAVORI**  
Consolidamenti jet grouting



G. B. LOGISTIC - Nonantola  
Prova di carico su due colonne jet grouting  $\varnothing$  90 cm



Prova di carico su due colonne abbinare diametro  $\varnothing$  90 cm poste ad interasse di 120 cm circa  
Carico di esercizio totale di 61 tonnellate  
Prova in regime elastico: 1,5 volte circa il carico max di esercizio  
Cilindro idraulico:  $\varnothing$  245 mm  
Manometro classe 0,6% da 400 bar

# G.B. LOGISTIC - Nonantola

Prova di carico su monocolonna  $\varnothing$  110 cm

## PROVA IN REGIME ELASTICO

| ora   | carico<br>ton | pressione<br>bar | flessimetri      |        |                  |        | media in<br>regime<br>elastico |
|-------|---------------|------------------|------------------|--------|------------------|--------|--------------------------------|
|       |               |                  | $\Delta$ 1 in mm | flex 1 | $\Delta$ 2 in mm | flex 2 |                                |
| 15,00 | 0             | 0                | 0                | 13,44  | 0                | 4,63   | 0,00                           |
| 15,18 | 19            | 40               | -0,2             | 13,64  | -0,02            | 4,65   | -0,11                          |
| 15,20 | 19            | 40               | -0,2             | 13,64  | -0,06            | 4,69   | -0,13                          |
| 15,33 | 19            | 40               | -0,2             | 13,64  | -0,06            | 4,69   | -0,13                          |
| 15,35 | 38            | 80               | -0,72            | 14,16  | -0,19            | 4,82   | -0,46                          |
| 15,40 | 38            | 80               | -0,74            | 14,18  | -0,19            | 4,82   | -0,47                          |
| 15,45 | 38            | 80               | -0,75            | 14,19  | -0,22            | 4,85   | -0,49                          |
| 15,47 | 57            | 120              | -1,53            | 14,97  | -0,34            | 4,97   | -0,94                          |
| 15,50 | 57            | 120              | -1,57            | 15,01  | -0,35            | 4,98   | -0,96                          |
| 16,00 | 57            | 120              | -1,66            | 15,1   | -0,36            | 4,99   | -1,01                          |
| 16,02 | 75            | 160              | -2,78            | 16,22  | -0,99            | 5,62   | -1,89                          |
| 16,05 | 75            | 160              | -2,99            | 16,43  | -1,06            | 5,69   | -2,03                          |
| 16,15 | 75            | 160              | -3               | 16,44  | -1,07            | 5,7    | -2,04                          |
| 16,30 | 2             | 0                | -0,23            | 13,67  | -0,25            | 4,88   | -0,24                          |
| 16,50 | 0             | 0                | -0,08            | 13,52  | -0,09            | 4,72   | -0,09                          |

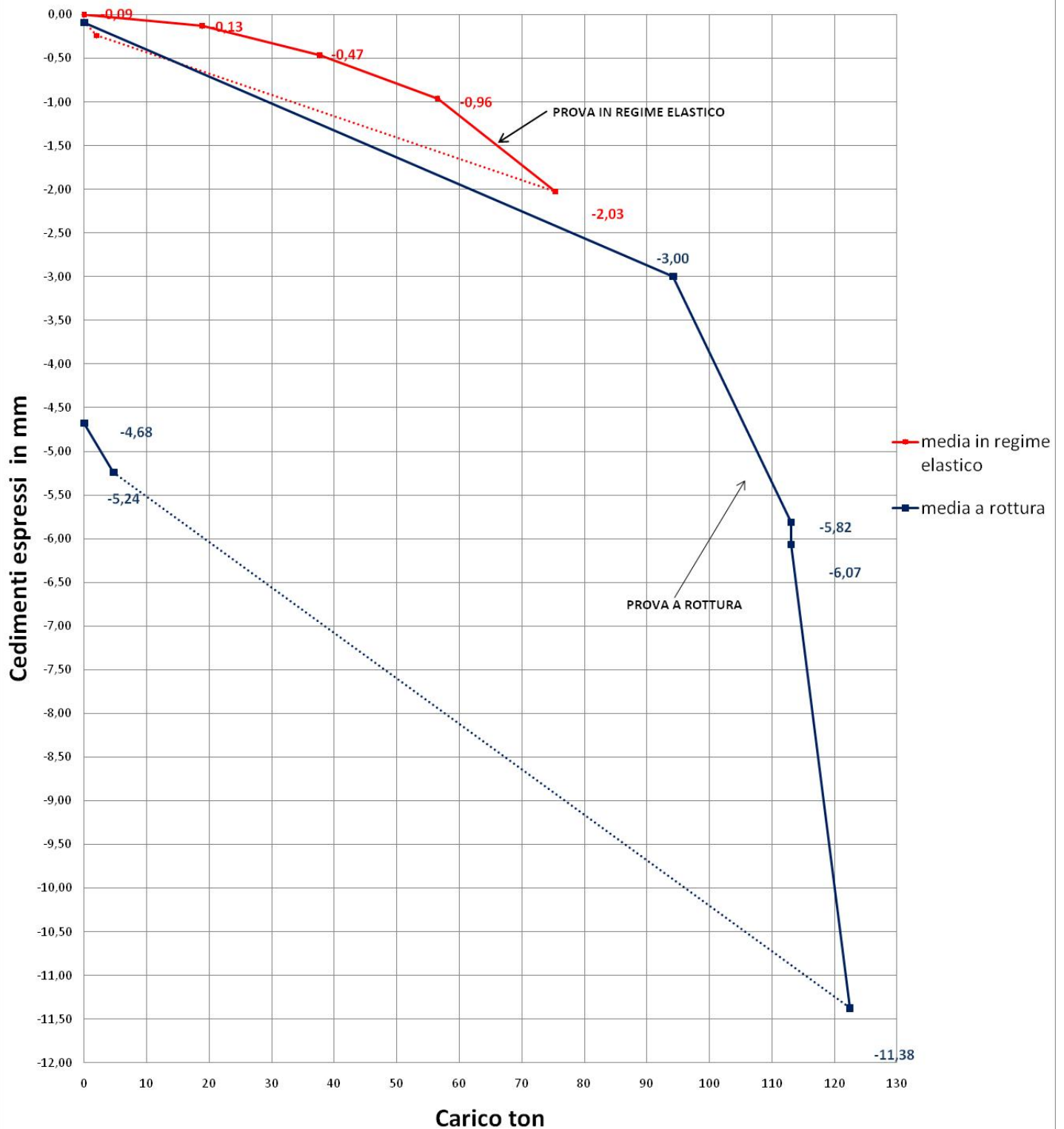
## PROVA A ROTTURA

| ora   | carico<br>ton | pressione<br>bar | flessimetri      |        |                  |        | media a<br>rottura |
|-------|---------------|------------------|------------------|--------|------------------|--------|--------------------|
|       |               |                  | $\Delta$ 1 in mm | flex 1 | $\Delta$ 2 in mm | flex 2 |                    |
|       | 0             | 0                | 0                | 0      | 0                | 0      | -0,09              |
| 16,54 | 94            | 200              | 0                | 17,65  | 0                | 6,52   | -3,00              |
| 16,55 | 113           | 240              | -7,26            | 20,7   | -4,37            | 9      | -5,82              |
| 17,05 | 113           | 240              | -7,61            | 21,05  | -4,52            | 9,15   | -6,07              |
| 17,10 | 122           | 260              | -13,36           | 26,8   | -9,39            | 14,02  | -11,38             |
| 17,20 | 5             | 10               | -6,81            | 20,25  | -3,67            | 8,3    | -5,24              |
| 17,30 | 0             | 0                | -6,04            | 19,48  | -3,32            | 7,95   | -4,68              |



**CCP LAVORI**  
Consolidamenti jet grouting

**G. B. LOGISTIC - Nonantola**  
**Prova di carico su una monocolonna jet grouting  $\varnothing$  110 cm**



Prova di carico su monocolonna diametro  $\varnothing$  110 cm con carico di esercizio di 51 tonnellate.

Prova in regime elastico: 1,5 volte circa il carico max di esercizio

Prova a rottura della colonna

Cilindro idraulico:  $\varnothing$  245 mm

Manometro classe 0,6% da 400 bar