

ANALISI SPERIMENTALE SULL' INFLUENZA DEI FATTORI GEOMETRICI NEI CONDOTTI DI SCARICO DEI MOTORI A DUE TEMPI.

Introduzione.

Spesso mi è capitato, trovandomi per lavoro ad assistere a varie gare di velocità, di ricevere delle richieste da parte di giovani piloti o meccanici riguardanti la rivelazione di "formule magiche", che consentissero la realizzazione di espansioni miracolose per le prestazioni dei loro motori. E' imbarazzante rispondere a giovani tanto speranzosi che è praticamente impossibile realizzare uno scarico ex novo migliore in termini di prestazioni globali rispetto all'originale, solo partendo da formule. Neanche i duetempisti DOC che in Italia hanno fatto scuola (Dürr, Moeller, Witteveen, Thiel) sono mai riusciti in un' impresa simile. La realtà è che occorrono molte ore di prove al banco, molti interventi di modifica su angoli e lunghezze, interventi che solo il Reparto Esperienze di una casa costruttrice può permettersi, per via dei tempi, dei costi e della disponibilità di mano d'opera specializzata. Con tali tipi di risposte si può però correre il rischio di fare la figura dell' incompetente o del giovane ingegneruncolo che vuole tenere per sé quelle due o tre nozioni appena imparate. Mettendo da parte l' ironia, la mia risposta a quei giovani è quella di indagare su cosa avviene all' interno di un cilindro e di uno scarico durante le fasi del ciclo e quali sono le relazioni che intercorrono tra i vari tratti geometrici dell' espansione e la curva di potenza. In questo modo, potranno andare ad intervenire solo su alcuni tratti dell' espansione già esistente, cercando di personalizzare l'erogazione della curva di potenza in base alle loro necessità, con notevole vantaggio di tempo, denaro e soprattutto, buone probabilità di riuscita.

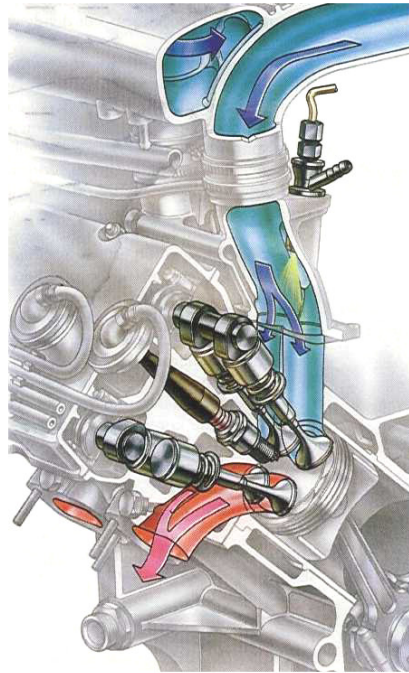
Concetti generali.

La differenza sostanziale tra un motore con ciclo operativo a quattro tempi (4T) e uno a due tempi (2T) è il diverso controllo dell' entrata e dell' uscita del fluido operativo nel cilindro.

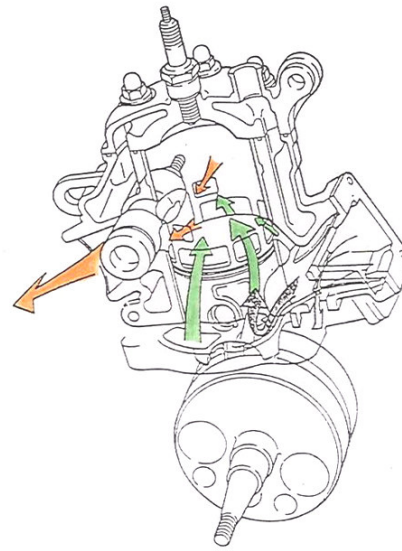
In un motore a 4T queste fasi sono controllate dal sistema di distribuzione, composto dalle valvole e dagli alberi a camme. Le valvole hanno la funzione di regolare il passaggio dei gas freschi in aspirazione e di quelli combusti in uscita. Nel 4T il ciclo operativo si compie con quattro corse del pistone, quindi ogni due giri dell'albero motore. Tutto questo nel 2T non avviene, essendo la distribuzione comandata direttamente dal manovellismo. E' infatti il pistone, durante il suo moto alterno, che apre e chiude quelle finestre, dette "luci", che si trovano sulla parete del cilindro stesso. In questo caso il ciclo operativo è compiuto in due corse del pistone, con un solo giro dell' albero motore. E' facile osservare che il motore a 2T è molto più semplice come costruzione e ha molte meno parti in movimento.

Il 4T invece è un motore più complesso, ma assai più "ordinato" nelle sue operazioni di aspirazione e di scarico. Così, per tentare di disciplinare anche il 2T nelle sue fasi, si cerca di sfruttare al meglio gli effetti inerziali della massa gassosa e i fenomeni di pressione (positiva e negativa) che si verificano all'interno del condotto di scarico. Con tali interventi, però, ci si affida per la maggior parte dei casi, più all' esperienza che a veri e propri modelli matematici, come avviene invece per il 4T. Ricordando che un condotto divergente genera un fronte d'onda di carattere estrattivo e un condotto convergente genera un fronte d'onda di compressione, ne deduciamo che se questi effetti vengono opportunamente fatti con la durata dello scarico, migliora la capacità estrattiva dei gas combusti e si interrompe il deflusso nel momento desiderato. Da questa brevissima analisi risulta che il dimensionamento di un sistema di scarico è correlato al diagramma di distribuzione del motore e al numero dei giri in cui si richiama la massima capacità estrattiva.

Rappresentazione schematica.



4T



2T

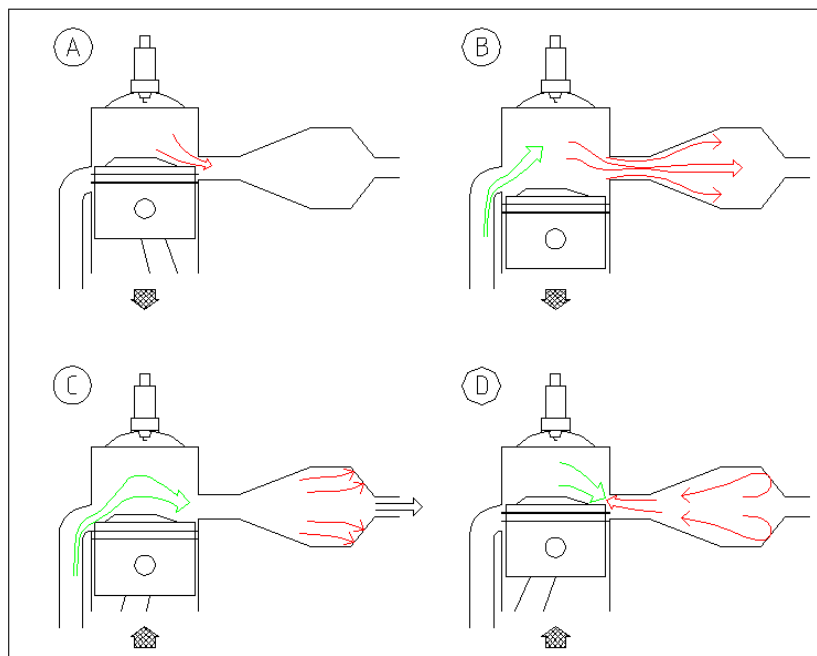
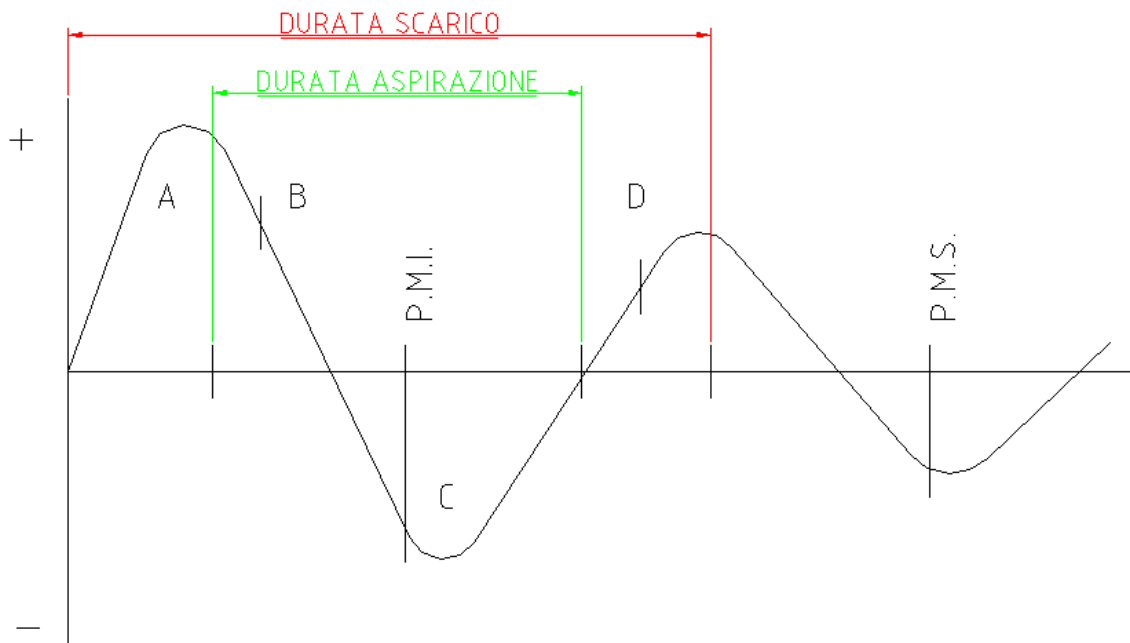


Fig. A: Dopo lo scoppio vediamo aprirsi la luce di scarico e i gas combusti investono il primo tratto di espansione.

Fig. B: Il pistone continua la sua corsa verso il P.M.I., aprendo i travasi e dando inizio alla fase di ricarica. Nel frattempo i gas di scarico investono il tratto divergente dell'espansione, diminuendo così la loro pressione.

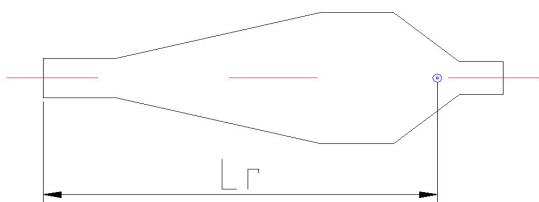
Fig. C: In questa fase il pistone inverte il moto e inizia la risalita verso il P.M.S.. In questo momento i travasi sono completamente aperti e i gas di scarico hanno attraversato il convergente, aumentando così la loro pressione.

Fig. D: Il pistone durante la sua risalita chiude i travasi e comprime la miscela fresca che, trovando ancora aperta la luce di scarico, tenterà di fuoriuscire. A questo punto verrà "stopata" dall'onda di ritorno.

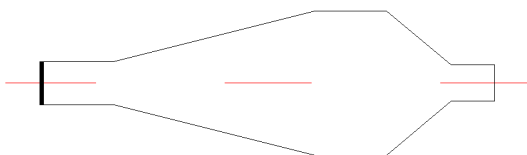


Subito dopo l' apertura dello scarico si ha la presenza di una violenta onda di pressione positiva, che raggiungerà il suo culmine poco prima dell' inizio della fase di aspirazione. Superato il P.M.I. si nota il picco di pressione negativa (la fase che aiuta la ricarica di miscela fresca). Successivamente alla chiusura dello scarico, all' interno dell'espansione si verificano altre riflessioni di minor intensità, che possono essere sfruttate per creare una depressione nel tratto iniziale dell' espansione, prima che riapra la luce di scarico.

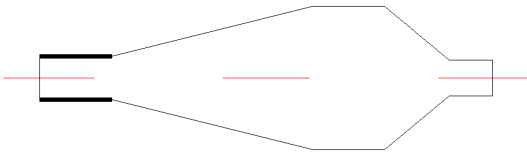
Dimensionamento di massima.



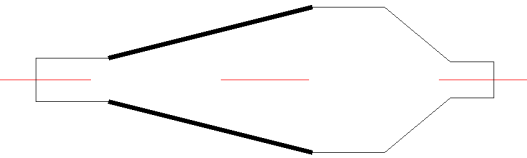
Lunghezza di riflessione: è il parametro che determina la puntualità della stoppata sulla luce di scarico da parte dell' onda di ritorno, tale da non far fuoriuscire la miscela fresca dal cilindro. Per il suo calcolo, si considera il punto medio del tratto convergente. Questa lunghezza dovrà permettere all' onda di pressione di impiegare un tempo t di andata e ritorno pari alla durata dello scarico.



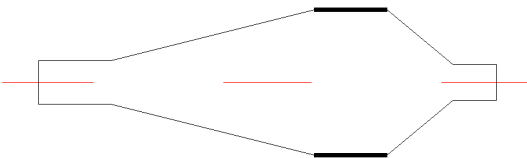
Area di ingresso: l' area del tratto iniziale del collettore deve essere di circa 15-20% maggiore dell'area della luce di scarico.



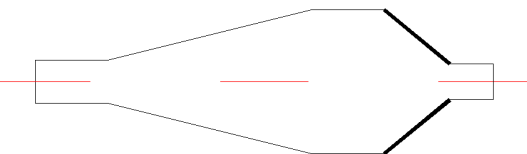
Primo tratto: è in genere un tubo che unisce il cilindro alla vera e propria camera di espansione. Questo tratto è fondamentale nella caratterizzazione della curva di potenza. Per una curva di potenza proiettata verso il picco superiore, la lunghezza di questo tratto è compresa tra 6 e 8 volte il diametro del collettore. Se si vuole invece ampliare il campo di utilizzo, la lunghezza del primo tratto è compresa tra 9 e 11 volte il diametro del collettore.



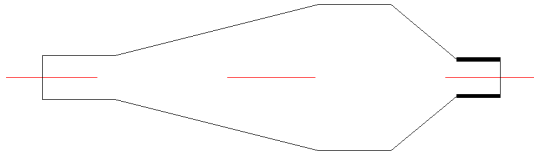
Secondo tratto: il diffusore influenza il tratto iniziale della curva di potenza. Spesso per armonizzare il salto di pressione, è realizzato in più tratti a conicità differenziata. L'esperienza consiglia di non superare i 10° di divergenza. Con conicità meno brusche migliora l'elasticità del motore a scapito della potenza massima. Il diametro massimo è in genere 2,5-2,8 volte quello del tratto iniziale.



Terzo tratto: il tratto cilindrico non ha nessuna influenza sui fattori prestazionali, esso ha solo il compito di collegare i due tratti conici rispettando la lunghezza di riflessione.



Quarto tratto: il convergente interessa l'allungo del motore, ovvero quel tratto della curva oltre la massima potenza. Un'indicazione empirica di partenza sarà quella di considerare come valore angolare circa il doppio del divergente.



Quinto tratto: lo spillo è l'ultimo tratto della nostra espansione. Esso mette in libertà i gas di scarico. Il diametro non deve essere troppo grande per non ridurre la pressione nè troppo piccolo per non aumentare la temperatura interna. I "maestri" consigliano un diametro uguale a 0.58-0.62 il diametro d'ingresso.

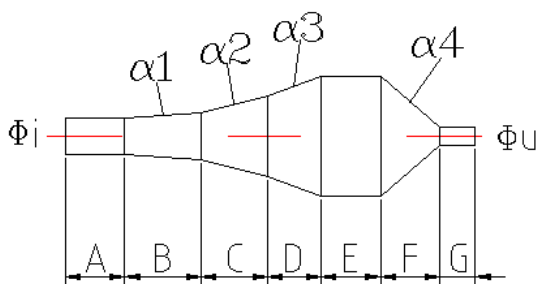
Caratteristiche del motore usato per le prove.

Corsa	= 41.8 mm
Alesaggio	= 39 mm
Cilindrata	= 49.9 cm ³
Rapporto di compressione	= 12.5
Durata lavaggio	= 126°
Durata scarico	= 178°
Anticipo accensione	= 16° a 6000 giri/min.

Descrizione delle prove.

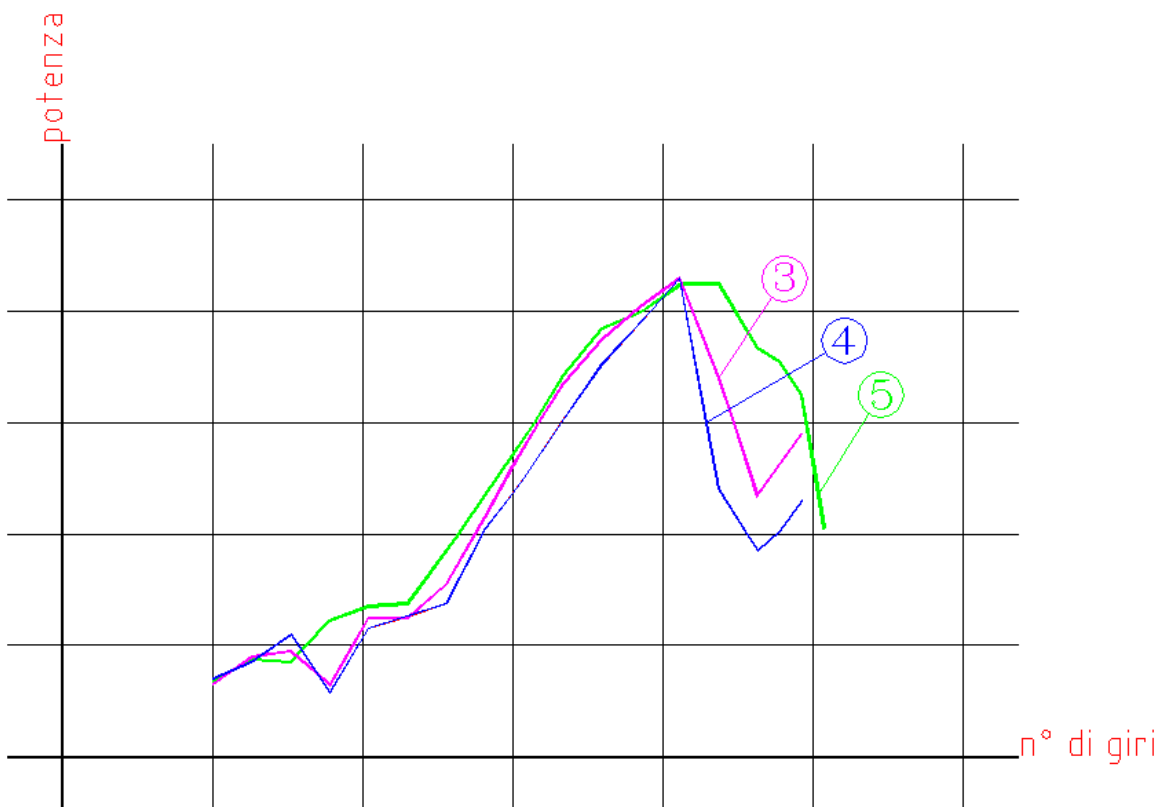
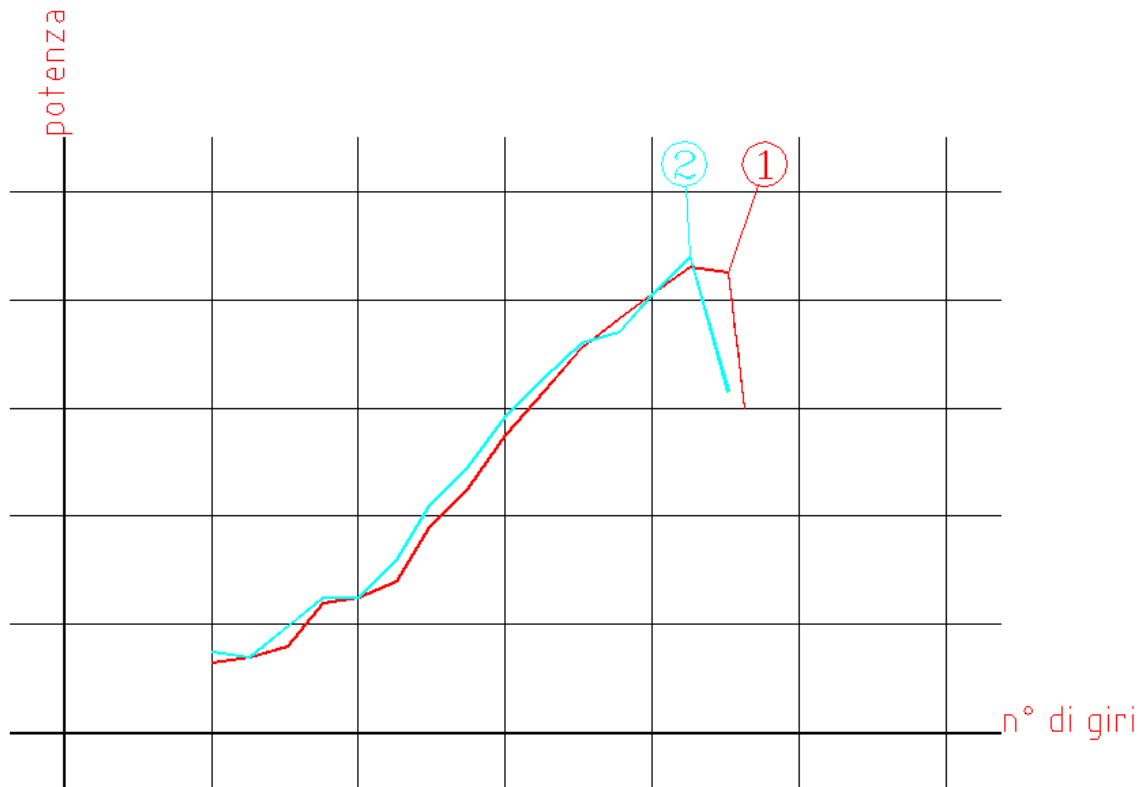
Per cercare di quantificare l' influenza che hanno i tratti angolari dell' espansione sulla curva di potenza, abbiamo realizzato cinque condotti di scarico e li abbiamo provati al banco, decidendo di vincolare le lunghezze come indicato nella tabella e di lasciare come variabili logicamente i tratti angolari del divergente e del convergente.

A+B+C+D+E+F	= 823 mm
A+B+C+D	= 587 mm
G	= 270 mm
Φ_i	= 25 mm
Φ_u	= 18 mm



	1	2	3	4	5
α_1	1,2°	1,2°	2,5°	2,5°	1,5°
α_2	1,7°	1,7°	3°	6°	3°
α_3	5,1°	5,1°	5,5°	4,4°	5,5°
α_4	10°	20°	13°	13°	13°

Risultati delle prove.



La 1 e la 2 differiscono solo per il semiangolo del tratto convergente. La 1 ha una buona curva di potenza, il motore gira sino a 11250 giri/min. e ha la potenza massima di 8,8 cv a 10750 giri/min.. La 2 si presenta circa con la stessa curva, gira sino a 11000 giri/min con potenza massima di 8,7 cv a 10500 giri/min. E' interessante notare come il calo di potenza della 1 sia molto più dolce. Con gli scarichi 3, 4 e 5 si è voluto analizzare il comportamento in potenza al variare dei semiangoli del tratto divergente. La 5 presenta una curva di potenza "allungata" rispetto alle altre. Gira fino a 11750 giri/min e ha la potenza massima di 8,5 cv a

10500 giri/min. Notare le irregolarità a 5500 giri/min e a 7000 giri/min. La 3 e la 4 a 5500 giri/min presentano dei vuoti vistosi, girano fino a 12000 giri/min ma con un calo di potenza brusco a 11000 giri/min.. L'andamento al banco di questi ultimi due scarichi è fortemente irregolare, aumentando la divergenza del secondo tratto aumenta tale irregolarità. Confrontando tutte le curve di potenza si nota che: 1) la regolarità della curva è legata all'armoniosità dell' incremento angolare del tratto divergente, 2) la lunghezza e la forma del primo tratto caratterizza in maniera più marcata la curva rispetto alla parte cilindrica o convergente, 3) il tratto convergente influenza solo l' allungo del motore, lasciando pressoché invariato l' andamento della curva. Va sottolineato che accorciando o allungando il condotto di scarico si ottiene la traslazione della curva di potenza a destra o a sinistra. Un allungamento del primo tratto di poche decine di mm sposta la curva di 500 giri/min – 1000 giri/min a sinistra, cioè accorcia la curva e la rende leggermente più piena in coppia ai bassi regimi. Un' accorciamento di poche decine di mm sempre del primo tratto sposta la curva di 55 giri/min – 1000 giri/min a destra, cioè allunga la curva ma la vuota leggermente in coppia ai bassi regimi. Questa prova è facile da eseguire direttamente sul veicolo, infatti, basta costruire una flangia di circa 25 mm da interporre tra il cilindro e lo scarico. Più complessa è l' operazione inversa, ovvero andare a togliere quei 25 mm su uno scarico già esistente, si rischierebbe di fare danni irreparabili. Per questo consiglio di coimbentare il primo tratto dell' espansione, ottenendo lo stesso risultato ma con meno lavoro e correndo minori rischi.

Antonello Maino