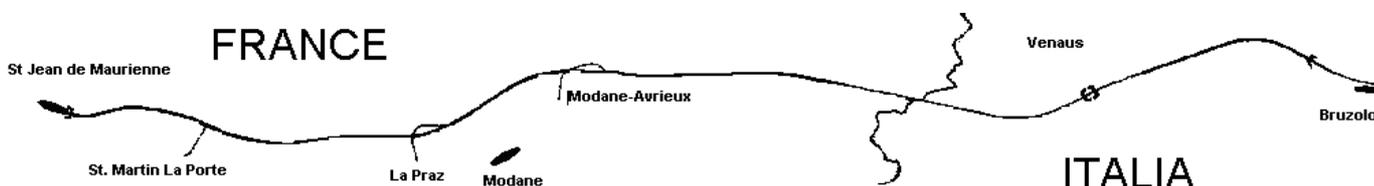


**NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO TRANSALPINO TORINO - LIONE**  
**NOUVELLE LIAISON FERROVIAIRE TRANSALPINE LYON-TURIN**  
**TRATTA CONFINE DI STATO ITALIA/FRANCIA – BRUZOLO**

INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE  
 DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N° 443/2001



**PROGETTO PRELIMINARE**  
**METODI D'ESECUZIONE E TEMPI STIMATI**  
**DELLA REALIZZAZIONE DEI TUNNELS**  
**DI BASE E DI BUSSOLENO**

Scala :

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato
E	EMISSIONE FINALE	SCHIVRE		BELLOTI		Mr PRE	20.02.03	

Rif. Doc	P	P	2	0	8	5	T	S	E	3	R	S	X	X	X	X	G	O			3	4	0	3	E	
	fase		n° S.C.				emittente				tipo doc.		codice geografico						oggetto			n° doc				indice

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	Groupement TSE Lyon Turin
04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

SOMMARIO :

<b>RIASSUNTO GENERALE DELLA RELAZIONE .....</b>	<b>3</b>
<b>1. OBIETTIVO DELL'ANALISI .....</b>	<b>7</b>
2.1 ZONE NELLE QUALI LA SCAVATRICE NON E' STATA PREVISTA DA ALPETUNNEL – GIUSTIFICAZIONE DELLA SCELTA .....	11
2.1.1. Zona 1: Cono di direzione di Saint Julien - Portale Ovest (Tunnel di Base) .....	12
2.1.2. Zona 2 : Zona Oltre-delfinato (Tunnel di Base).....	14
2.1.2. Zona 2 : Zona Oltre-delfinato (Tunnel di Base).....	14
2.1.3. Zona 3: Zona Carsica - (Tunnel di Base).....	15
2.1.4. Zona 4: Regione carbonifera tettonizzata e carbonifero produttivo - St Martin.....	16
2.1.5. Zona 5: Zona Piemontese - Venaus portale est (Tunnel di Base) .....	17
2.1.6. Zona 7: Banco di Rocce Verdi del Monte Molaras .....	18
2.1.7. Zona 7: Cono di deiezione del Rio Prebech - Portale est (Bussoleno) .....	19
2.1.8. Zona 8: Attacchi discendenti .....	21
2.2. RIVESTIMENTO.....	22
2.3 POSIZIONE DEL GRUPPO TSE.....	23
<b>3. MÉTODI PROPOSTI PER LA MECCANIZZAZIONE OTTIMALE .....</b>	<b>25</b>
3.1 I VARI METODI PREVISTI : .....	25
3.2 METODI E DURATE DELLA REALIZZAZIONE DI CIASCUNA TRATTA .....	26
3.2.1 Principali ipotesi per la messa a punto delle programmazioni.....	26
3.2.2. Considerazioni generali sull'utilizzo della scavatrice .....	28
3.2.3. Metodi approvati per la realizzazione delle tratte .....	30
3.2.3.1 Tratta A : Portale Ovest – Saint Martin .....	30
3.2.3.2. Tratta B : Saint Martin – La Praz Ovest .....	34
3.2.3.3. Tratta C : La Praz Ovest – Modane .....	37
3.2.3.4. Tratta D : Modane – Venaus.....	40
3.2.3.5. Tratto E – Val Cenischia – Bruzolo (BUSSOLENO).....	43
Tradi.....	44
3.2.4. Rivestimento e calcestruzzi di seconda fase .....	49
3.2.4.1. Rivestimento.....	49
3.2.4.2. Calcestruzzo di seconda fase - Finiture .....	53
3.2.6. Opere accessorie realizzate in tempo non evidenziato [masquè, ndt] .....	56
3.2.6.1. Le Diramazioni .....	56
3.2.6.2. Strutturazione dei piedi di discenderia : St Martin – La Praz – Foresto.....	58
3.2.6.3. Pozzo di ventilazione di Val Clarea e sito d'intervento nel tunnel lato Venaus del tunnel di base :.....	59
3.2.6.4. Pozzo di ventilazione di Avrieux.....	60
3.2.6.5. Opere della stazione di Modane .....	60
<b>4. CONCLUSIONI.....</b>	<b>63</b>

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

Allegato 1 : scheda di giustificazione dei tempi di esecuzione (17 pagine)

Allegato 2 : scheda dei metodi di esecuzione possibili (7 pagine)

Allegato 3 : sintesi dei metodi di esecuzione per le gallerie di base e di Bussoleno (7 pagine)

Allegato 4 : Programmazione ferroviaria per ciascuna tratta delle gallerie di base e di Bussoleno (15 pagine)

Allegato 5 : Pianificazione della ferrovia di riferimento per le gallerie di base e di Bussoleno (1 mappa)

Allegato 6 : Rendiconto delle visite e degli incontri con i costruttori di escavatrici di tunnel (7 pagine)

Allegato 7 : Soluzione variante per La Praz (analisi e programmazione)

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

## Riassunto generale della relazione

L'obiettivo della relazione è quello di definire i **metodi generali possibili**, in modo da poter stabilire un tempo di realizzazione ottimale e realista che possa servire di base per la messa a punto della programmazione generale del lavoro e per la stima dei costi. Esso ha portato a ricercare la fattibilità di soluzioni meccanizzate ritenute più rapide e più economiche rispetto alle soluzioni tradizionali.

Questa riflessione si appoggia sugli studi relativi alle gallerie alpine (Alpetunnel). Viene fatto un esame delle ragioni che avevano portato a scartare la soluzione con scavatrice in alcuni settori. Esse vengono analizzate e discusse tratta per tratta (cfr. le schede descrittive delle zone da 1 à 8 , da §II.1 à II.7).

La principale difficoltà di esecuzione è creata dalla presenza di elementi geologici diversi nell'ambito di una stessa tratta geologica. E questo porta a prevedere delle macchine in grado di attraversare in modo ottimale l'insieme dei terreni (*cfr.* tabella al §III.1 di pagina 25 – *adeguamento terreno/metodo*). Sono progettabili degli adattamenti delle scavatrici per gallerie prevedibili in anticipo. La cosa avviene già oggi per alcuni tipi di macchine (marinatura, modo di confinamento, estensione del grembiule , modifica del raggio di scavo).

E' stata integrata nella riflessione l'importanza dei problemi specifici relativi alle grandi profondità, (squeezing, grandi convergenze, alte pressioni, temperature elevate, carico idraulico). Si tiene conto del fatto che il superamento delle irregolarità geologiche e delle zone carsiche non rappresenta più al giorno d'oggi un ostacolo alla meccanizzazione. Delle innovazioni apportate sulle scavatrici per riconoscere in anticipo i terreni sul fronte di avanzamento ed anche l'eventuale trattamento con iniezioni, permettono di superare tali anomalie del terreno. Si tiene conto del loro impatto attraverso la velocità di avanzamento.

Le difficoltà che rendono difficile la meccanizzazione in certi settori e che richiederanno un attento esame da parte del costruttore della macchina, riguardano :

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

- I rischi di blocco a causa di forti convergenze (bacino carbonifero produttivo), del rigonfiamento del terreno (anidride) - a priori più lento – o a causa della presenza di blocchi compatti incassati in terreni mobili (ghiaioni)
- I rischi di usura rapida delle frese nei terreni molto abrasivi (soprattutto quarziti in presenza d’acqua)
- I rischi di svuotamento nel caso di macchina aperta sul fronte (non confinata)
- I problemi meccanici legati alle forti pressioni idrostatiche
- I rischi di liberazione di gas

Tali difficoltà sono superabili anche se la coesistenza di molte difficoltà nella stessa tratta rappresenta un fattore sfavorevole. Le indagini avviate (realizzazione di gallerie di ricognizione, sondaggi ...) dovranno fornire informazioni affidabili sull’argomento.

Le ipotesi fatte per la messa a punto dei programmi (tempi, installazioni di cantieri...) sono state indicate in dettaglio in una **scheda di giustificazione dei termini** situata in *allegato 1* e vengono chiarite al §III.2.1. Il  $t_0$  dell’inizio dei programmi è rappresentato dalla **data di assegnazione del contratto**.

Sono stati tenuti presenti dei margini per l’eventuale incontro di importanti rischi geologici o meccanici.

Le caratteristiche delle scavatrici prese in esame ed i metodi tradizionali, sono stati descritti in una **scheda di descrizione dei metodi** riportata in *allegato 2*.

Le ipotesi fatte in relazione al rivestimento, ai calcestruzzi della seconda fase ed alle rifiniture, vengono illustrate al § III.2.4

Per poter confrontare i tempi di realizzazione delle varie soluzioni e per poter valutare la loro vulnerabilità nelle diverse aree, le pianificazioni sono state messe a punto partendo da **campi di velocità**. E questo ha portato a definire l’insieme dei **tempi probabili** e quello, più vasto, dei **tempi possibili**. Questo ultimo campo abbraccia tutte le velocità immaginabili anche le più improbabili, mentre i valori situati nel campo probabile sono caratterizzati da un credito elevato. I programmi delle date probabili e possibili di arrivo della fine degli scavi per ogni

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

tratta, sono stati messi a punto con **différenti scénari**. Questo criterio consente di valutare i rischi relativi ai lavori di perforazione. Viene quindi definita una soluzione di riferimento per ciascuna tratta.

Essa serve a mettere a punto la **programmazione di riferimento** (che appare in *Allegato 5*) e che provvede ad integrare :

- La programmazione basata sul limite inferiore del campo di velocità probabile.
- I problemi logistici alla base della galleria di ribasso (privilegiare gli scenari che prevedano un solo attacco quando sia possibile)
- una logica di programmazione compatibile con la posa in opera delle attrezzature (consegna scaglionata delle tratte A,B,C,D in questo ordine, per rispettare la logica di posa del binario)

Questa analisi porta a concludere che la meccanizzazione è del tutto ipotizzabile, ma che richiederà delle esatte messe a punto da parte delle imprese che avranno il compito di definire il progetto definitivo delle macchine. La difficoltà deriva in effetti dalla presenza nell'ambito di una stessa tratta, di entità geologiche diverse ed anche dalla impossibilità di prevedere una macchina che sia idealmente adatta alla tratta nel suo insieme. La lottizzazione dei lavori dovrà integrare questa componente della meccanizzazione, per renderla possibile..

Il tempo globale di realizzazione, a livello di genio civile primario, ivi includendo i rischi meccanici più importanti, è **di 6 anni + 4 mesi**. Il tempo di realizzazione di genio civile primario per ciascuna tratta è di :

Tratta A	Portale Ovest S. Martin L= 7,4 km	Scenario A3	5 anni
Tratta B	St. Martin-La Praz L= ,55 km	Scenario B3	4 anni + 10 mesi
Tratta C	L Praz- Modane L= 11,55 km	Scenario C2	5 anni + 3 mesi
Tratta D	Modane- Venaus L = 24, 2 km	Scenario D2	6 anni + 4 mesi
Tratta E	Valcenischia-Bruzzolo L=12 km	Scenario E3	5 anni + 5 mesi

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

Si studia una **soluzione di variante** allo scopo di ridurre la quantità di lavori da effettuare a partire dalla galleria di ribasso di Modane. Tale soluzione consiste nell'eliminare la realizzazione delle gallerie ferroviarie in attacco discendente a partire dalla galleria di ribasso [discenderia, ndr]di Modane. I lavori avviati a partire dalla galleria di ribasso di Modane riguardano quindi solo lo scavo delle gallerie in direzione dell'Italia e la stessa stazione di Modane (stazione di sicurezza che comprende 2 binari di stazionamento, 1 sala di accoglienza passeggeri, etc...).

La tratta La Praz - Modane viene realizzata con la soluzione di un solo attacco ascendente alla partenza da La Praz. Allo scopo di ridurre al minimo il tempo di realizzazione di questa tratta, è in corso uno studio relativo alla posizione del piede della galleria di ribasso di La Praz: è stato previsto uno spostamento verso est. In allegato 7 vengono forniti la programmazione relativa a tale variante ed anche una nota esplicativa.

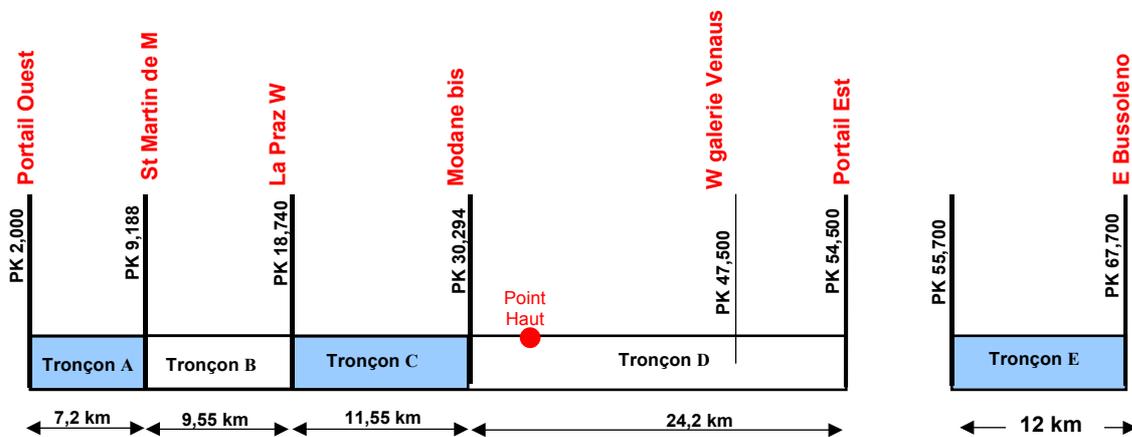
# 1. Obiettivo dell'analisi

L'analisi dei metodi di esecuzione delle gallerie di base e di Bussoleno deve consentire di ottimizzare i tempi di realizzazione e di ridurre i rischi collegati alla esecuzione delle opere. Allo scopo di raggiungere tale obiettivo, potranno essere previste delle zone di ricognizione supplementari per rendere affidabili le nostre previsioni.

## Principio Conduttore :

Tenendo presenti le notevoli tratte di galleria da scavare in questo progetto, occorre ricercare un criterio quasi industriale (per permettere un rendimento ottimale delle squadre operative) : per tale motivo, sono da privilegiare a priori le soluzioni che prevedano la **meccanizzazione**. Tenendo conto dei progressi tecnologici e dei dati geologici, potranno essere previste d'ora in avanti queste soluzioni.

Scomposizione dell'opera in tratte (tra 2 attacchi)



<b>Tratta A</b>	Portail Ouest - Saint Martin	L = 7,2 km	PK 2,000 à PK 9,188
<b>Tratta B</b>	Saint Martin - La Praz Ouest	L = 9,55 km	PK 9,188 à PK 18,740
<b>Tratta C</b>	La Praz Ouest - Modane	L = 11,55 km	PK 18,740 à PK 30,294
<b>Tratta D</b>	Modane – Venaus (Portail Est)	L = 24,2 km	PK 30,294 à PK 54,500
<b>Tratta E</b>	Val Ceniscia - Bruzzolo	L = 12 km	PK 55,7 à PK 67,7

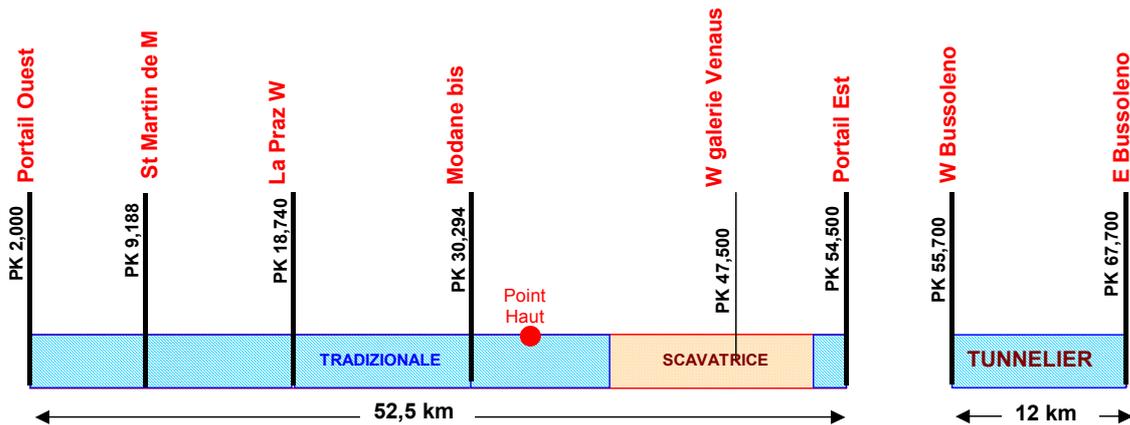
APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

2. Analisi del dossier Bonnard e Gardel e Alpetunnel 2000

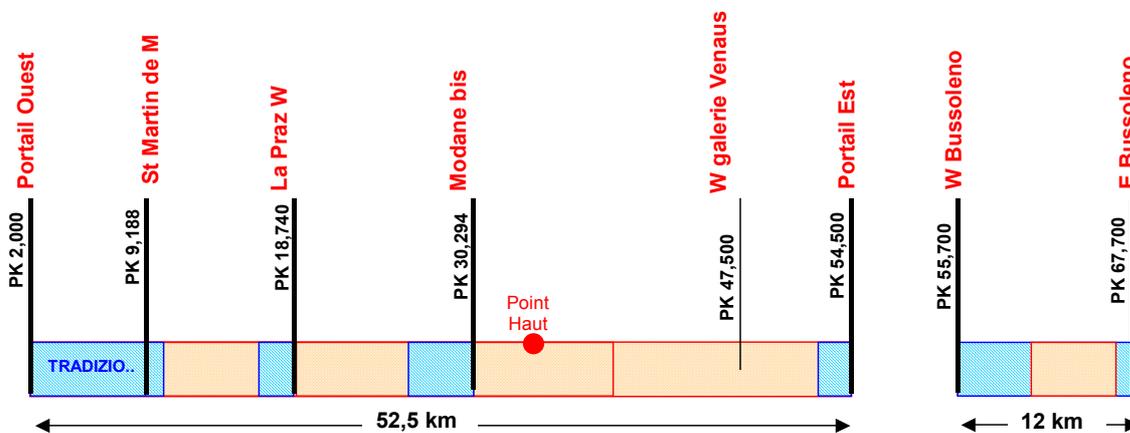
Riportiamo qui in modo molto sintetico i risultati ottenuti in seguito agli studi di Bonnard e Gardel (Missione da M1 à M3.6) e di Alpetunnel (2000). Il modello di sintesi dei parametri géotecnici del progetto (*Sintesi \_3401\_A*), consegnato con questo documento, confronta la geologia con i metodi in modo dettagliato, e la sintesi dei metodi esecutivi (*Métodi esecutivi \_3404\_A*), unita anch'essa in allegato.

Sono state previste 2 soluzioni di scavo da parte di Bonnard e Gardel per l' Alpetunnel:

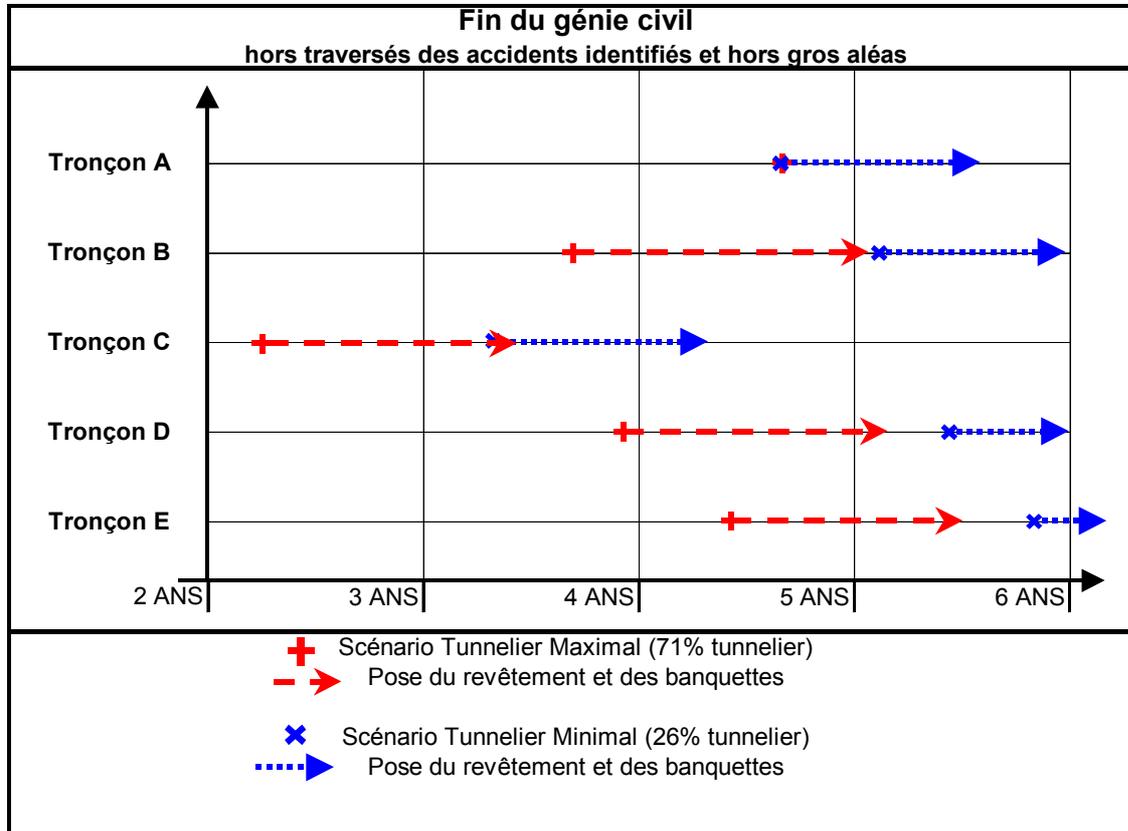
- una **soluzione « minima »** di utilizzo della scavatrice corrispondente al 26% del percorso totale realizzato con la scavatrice, ossia ad un tempo di realizzazione di 6,2 anni al di fuori di attraversamento di ostacoli identificati e in assenza di grandi rischi.



- una **soluzione « massima »** di utilizzo della scavatrice corrispondente ad un utilizzo al 71% della scavatrice. Ossia ad un tempo di realizzazione di 5,5 anni al di fuori di attraversamento di ostacoli identificati ed in assenza di grandi rischi.



Seguono le date di fine scavo di ciascuna tratta indicata nello studio dell'Alpetunnel 2000.

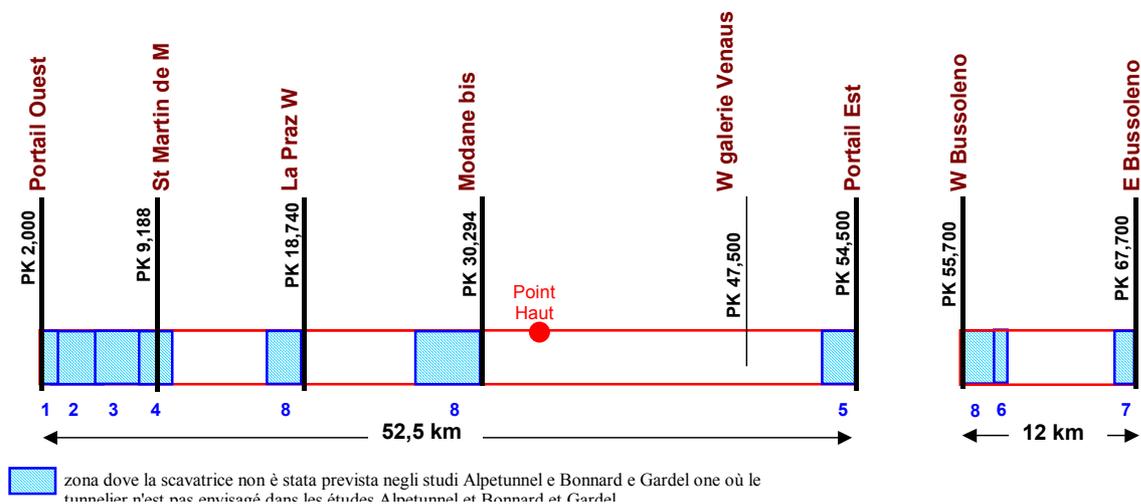


Osservando questa tabella si rileva come :

- la tratta E (galleria di Bussoleno) è situata nella parte critica dell'intera operazione
- le tratte A, B e D superano anch'esse il periodo di 5 anni.

**2.1 zone nelle quali la scavatrice non E' stata prevista da Alpetunnel – giustificazione della scelta**

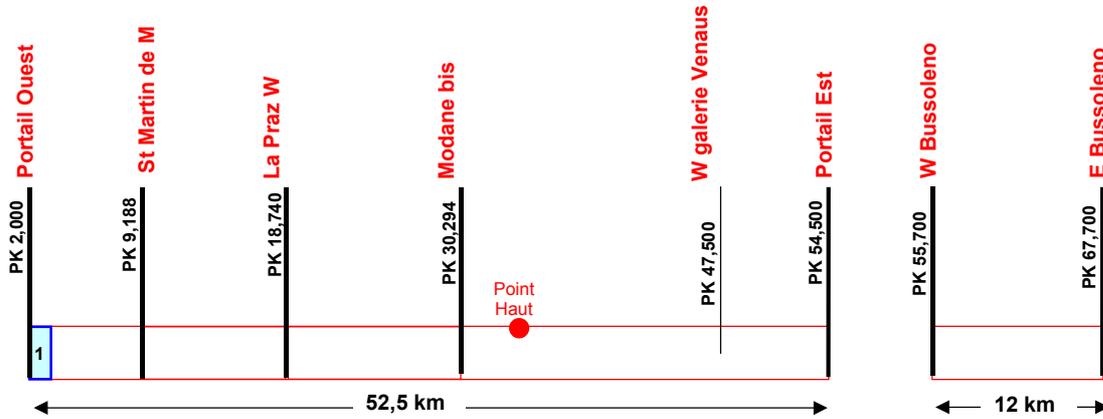
A fronte dell'analisi del dossier di Alpetunnel e della missione M3 sembra che anche con lo scenario di utilizzo massimo della scavatrice, restano numerose tratte per le quali è stato conservato il metodo tradizionale. La giustificazione del non utilizzo della scavatrice cambia in funzione della geologia incontrata. In base a tali giustificazioni, è possibile distinguere 8 tipi di zone diverse.



Tali zone vengono presentate qui appresso sotto forma di scheda, e vengono ricordate e commentate le ragioni del non impiego della scavatrice. Tale analisi servirà di base per la definizione delle ricognizioni complementari se necessarie:

- 
- Tratta
- Lunghezza :
- Descrizione dei terreni :
- Ragioni fornite per l'esclusione della scavatrice:
- 
- *Parere del gruppo TSE :*

## 2.1.1. Zona 1: Cono di direzione di Saint Julien - Portale Ovest (Tunnel di Base)



- Tratta A da PK 2,000 à PK 2,700

-

- Lunghezza : **700 m**

-

- Descrizione dei terreni : Terreni mobili di natura molto eterogenea (letti di sabbia intercalati con banchi di argille) comprendenti dei blocchi di dimensione estremamente variabile. Tali macigni sono di natura probabilmente assai dura, ma non di resistenza e di abrasività molto elevate (in confronto con i blocchi contenenti una percentuale più elevata di quarziti incontrati nel settore di La Praz).

- Per altro, sembra avere uno strato più argilloso situato tra 5 e 10 metri al di sotto del tunnel che conterrebbe una falda d'acqua di tipo artesiano in questa zona. (0,2 MPa in relazione al livello dell'Arco)

- Ragioni portate avanti per la esclusione della scavatrice : Problema di stabilità del fronte di taglio dovuto a una forte plastificazione del terreno, rischi elevati di svuotamento dovuti a delle vene d'acqua potenziali. Grandi incertezze riguardanti la qualità dei terreni a livello di contatto con il Bed Rock.

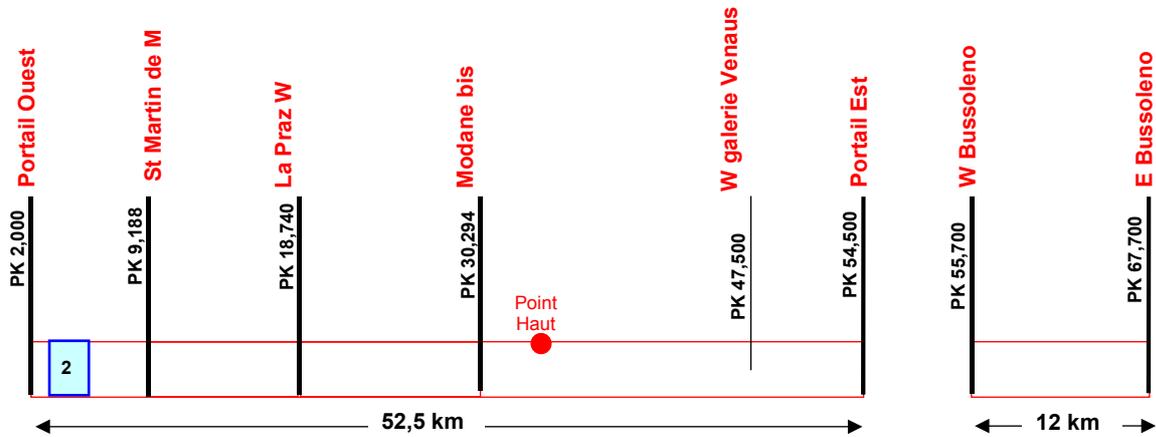
- Parere del gruppo TSE : Occorrerebbe completare le indagini geologiche per localizzare in maniera più esatta il tetto dello strato di argilla e confermare l'esistenza della falda artesiano sotto il tracciato. Tali indagini consentirebbero anche di qualificare meglio, quantitativamente e qualitativamente, i blocchi di roccia

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

e di riconoscere in modo più esatto i terreni in vicinanza del contatto col bed rock (zona di contatto detriti / rocce).

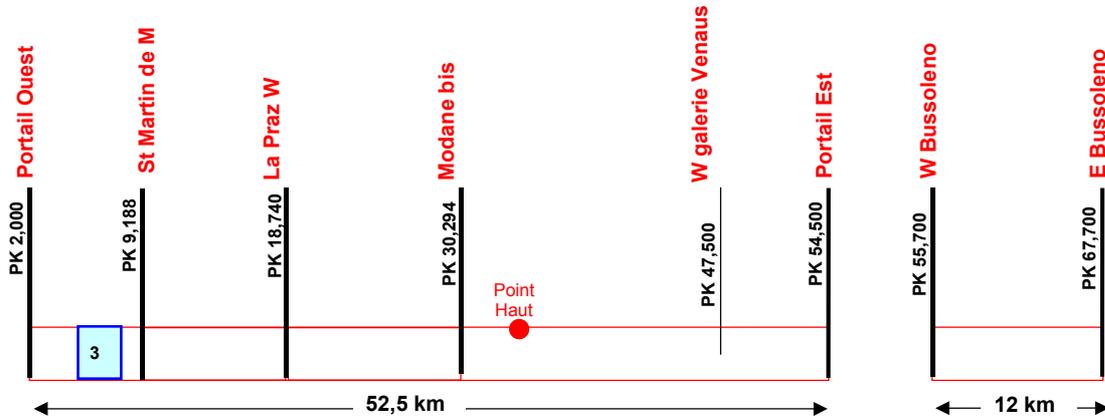
- Si tratta di una zona difficile per lo scavo, ma una scavatrice progettata per scavare in terreni comprendenti dei blocchi rocciosi (sistemazione della ruota di taglio per poter accedere facilmente al terreno posto anteriormente), e per posare dei conci per l'avanzamento, dovrebbe essere in grado di attraversare tali terreni. (descrizione dettagliata della scavatrice al §III.2.3.1)
- Una galleria di ricognizione che consenta di trattare in anticipo il terreno (drenaggio e/o iniezione) sarebbe molto interessante e faciliterebbe la messa a punto e l'utilizzazione di una scavatrice ; i terreni a livello di contatto con la roccia di fondo verrebbero in tal modo riconosciuti.
- In assenza di tale galleria, si dovrebbe essere in grado di iniettare il terreno a partire dal fronte della scavatrice (prevedere perforazioni sotto vaglio), evitando il rischio di bloccaggio della macchina per diffusione delle masse di boiaccia, oppure di fare dei pozzi di abbassamento della falda acquifera.

## 2.1.2. Zona 2 : Zona Oltre-delfinato (Tunnel di Base)



- Tratta A da PK 2,700 a PK 5,550
- Lunghezza : **2850 m**
- Descrizione dei terreni : Si tratta di depositi di pirargirite (Flyschs) e di Scisti. E' una zona geotecnicamente favorevole
- Ragioni fornite in relazione alla esclusione della scavatrice : Gli attacchi che interessano questa zona vengono fatti col metodo tradizionale, e il percorso da coprire non è sufficiente per giustificare l'impiego di una scavatrice per questi 2850 m.
- Parere del gruppo TSE : L'opera idraulica EDF dello Echaillon è stata scavata interamente con la scavatrice in questo settore ed ha permesso di caratterizzare questi terreni. Le condizioni di scavo, idrauliche e meccaniche incontrate, sono state favorevoli.
- Non vediamo obiezioni importanti all'impiego di una scavatrice da roccia del diametro di 10 metri, per attraversare questi terreni.

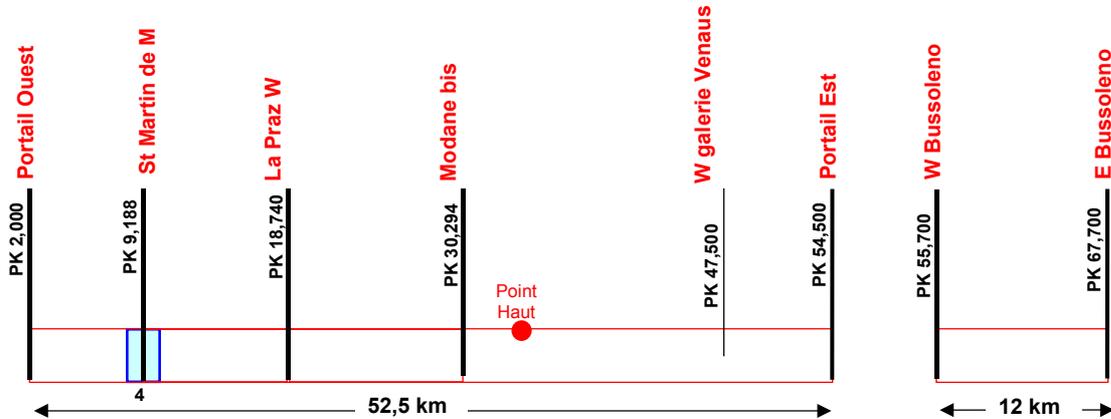
## 2.1.3. Zona 3: Zona Carsica - (Tunnel di Base)



- Tratta A da PK 5,800 a PK 8,150
- Lunghezza : **2300 m**
- Descrizione dei terreni : Si tratta di calcari del Perron des Encombres, che fanno parte della zona sub-briançonnese. E' una zona molto poco conosciuta, e non esistono sondaggi che la attraversino. Sono le strutture isoclinali osservate in superficie che autorizzano l'estrapolazione alla superficie della galleria.
- Motivi forniti in relazione alla esclusione della scavatrice: L'insieme del Dogger rischia di essere influenzato da un sistema carsico che potrebbe essere la sede di vene d'acqua.
- Parere del gruppo TSE : Per poter caratterizzare in modo più esatto questa zona, è importante conoscere lo stato delle fenditure, la dimensione potenziale dei vuoti ed anche la natura del loro riempimento. Devono essere rallentati i ritmi di avanzamento per effettuare dei sondaggi in avanzamento in diverse direzioni (3 sondaggi di 90m) per mettersi al sicuro dai rischi di svuotamento. E questo permetterebbe di ridurre il rischio di incontrare un pericolo maggiore.
- Ciononostante, tenendo conto delle esperienze fatte in terreni analoghi, è probabile che l'avanzamento di una scavatrice di grande diametro verrà poco influenzato dagli elementi carsici di piccola dimensione.

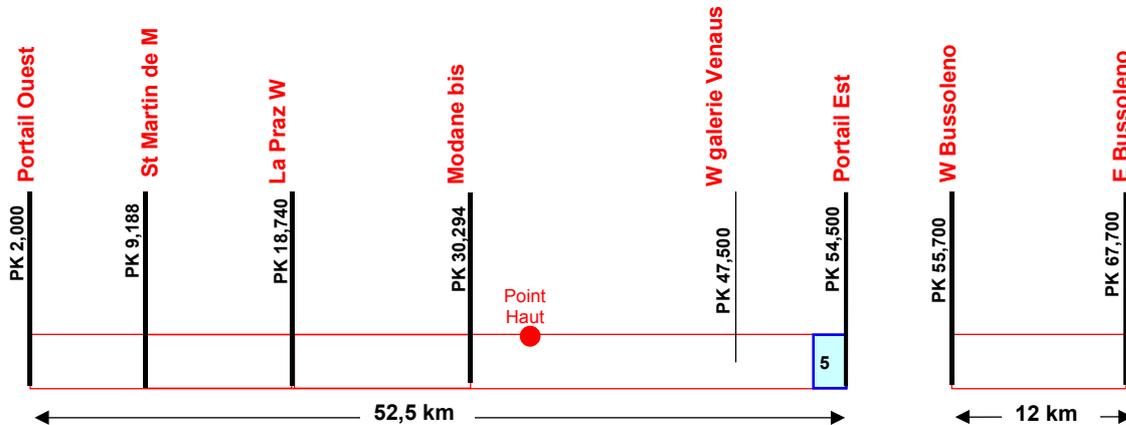
APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	Groupement TSE Lyon Turin
04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

#### 2.1.4. Zona 4: Regione carbonifera tettonizzata e carbonifero produttivo - St Martin



- Tratta **A** e **B** da PK 8,550 a PK 9,800 - Piede della discenderia di St Martin
- Lunghezza : **1250 m**
- Descrizione dei terreni : I terreni situati ad ovest del piede della discenderia di St Martin sono a priori di pessima qualità : presenza di una zona di 150 m di carbonifero produttivo tettonizzato. (potenziale Grisou). Ad est del piede della discenderia, si incontra del carbonifero produttivo (50% grès - 40% scisti - 10 % roccie frantumate - carbone <3%)
- Ragioni fornite in relazione alla esclusione della scavatrice : Presenza di gas, fronte instabile e problemi di grandi convergenze nella zona carbonifera produttiva.
- Parere del gruppo TSE : Questa zona comprende il piede della discenderia di Saint Martin. I terreni più cattivi dovranno essere individuati attraverso la galleria ovest di St Martin, in modo che sia possibile conoscerli meglio . Sarà individuato il potenziale di grisou di tali terreni.
- Attualmente le scavatrici possono essere munite di materiale antideflagrante, e si è in grado di risolvere il problema della ventilazione del cantiere in questo tipo di terreni. Il rivestimento dovrà essere adattato in modo da poter correggere le convergenze prevedibili per questo tipo di terreni (posa in opera dopo stabilizzazione della convergenza). Descrizione dettagliata della scavatrice al §III.2.3.2.

## 2.1.5. Zona 5: Zona Piemontese - Venaus portale est (Tunnel di Base)



- Tratta **D** da PK 53,100 a PK 54,500 - Portale ovest del tunnel di base (Venaus)

-

- Lunghezza : **1400 m**

-

- Descrizione dei terreni : Scisti lucidi, calcescisti et micascisti della zona Piemontese, zona fortemente tettonizzata et di cattiva qualità.

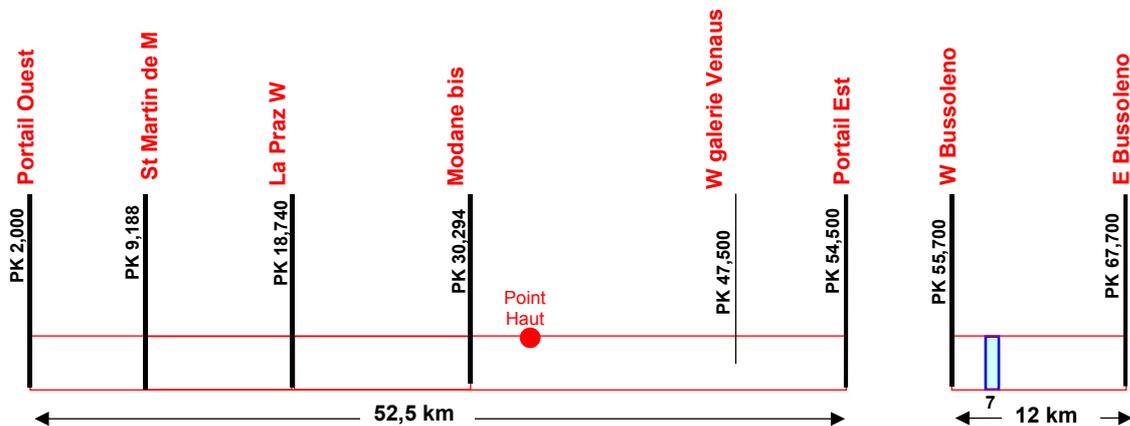
Ragioni fornite in relazione alla esclusione della scavatrice: Questa tratta è fortemente tettonizzata ed è caratterizzata da caratteristiche meccaniche di cattiva qualità, che richiedono uno scavo di tipo tradizionale con esplosivo .

- Parere del gruppo TSE : La zona è stata già esaminata con i lavori di ristrutturazioni idrauliche di Pont Ventoux ; e sarebbe emerso che essa è composta da formazioni di qualità media anziché cattiva, e che i terreni sarebbero in parte drenati. Le difficoltà previste sembrano collegate soprattutto alle vene d'acqua nelle zone di elementi frantumati (brecce tettoniche) che dovrebbero poter essere trattate con drenaggio e iniezione. La galleria di ricognizione di Venaus permetterà di identificare in modo esatto i terreni ed eventualmente di trattarli.
- E' importante prevedere una meccanizzazione in questa tratta in modo da ridurre i tempi di esecuzione della tratta D Modane - Venaus di 24,2 km di lunghezza. E' prevedibile in questa zona la messa in funzione di una scavatrice del tipo con scudo a contenimento che possa posare dei conci. Dovrebbe avere un funzionamento misto (confinamento - fronte aperto ) per poter in seguito avanzare tra le rocce del massiccio d'Ambin

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	Groupement TSE Lyon Turin
04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

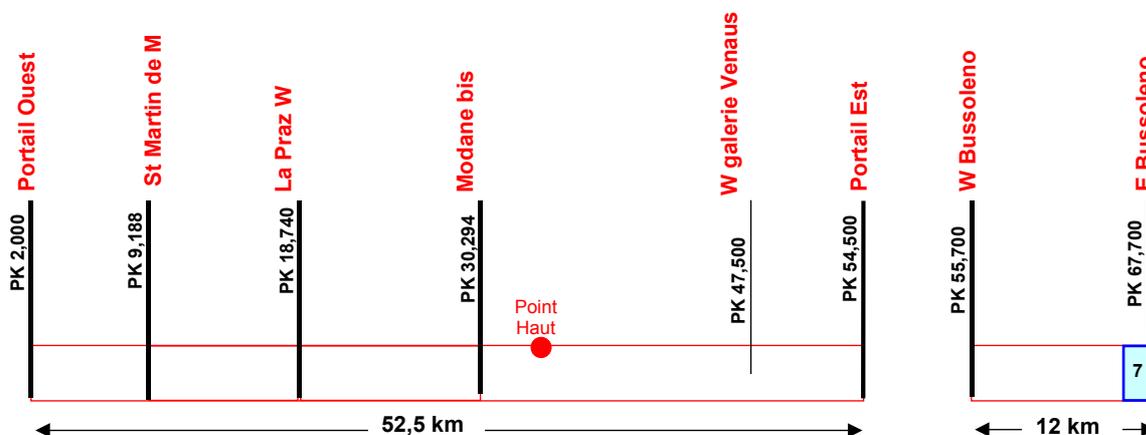
Descrizione dettagliata della scavatrice al §III.2.3.4.

### 2.1.6. Zona 7: Banco di Rocce Verdi del Monte Molaras



- Tratta **E** : da PK 58,100 a PK 58,400
- Lunghezza : **300 m**
- Descrizione dei terreni : In questo tratto è presente come scaglia tettonica una serie di rocce verdi costituita da prasiniti e serpentiniti, localmente estremamente fratturate o cataclastiche. Il contatto Calcescisti-Rocce Verdi presso la progressiva 58+100 è accompagnato da una fascia di rocce estremamente fratturata di spessore decametrico.
- Nell'attraversamento delle rocce verdi (serpentini) è presumibile incontrare associazioni mineralogiche ascrivibili a rocce di tipo amiantifero, nel qual caso dovranno essere prese tutte le precauzioni in fase di scavo al fine di minimizzare l'emissione di polveri nocive per la salute dei lavoratori. Qualora il materiale presentasse valori superiori a quelli richiesti dalla normativa vigente per il deposito all'interno degli stoccaggi da utilizzarsi per gli scavi in galleria, si dovrà provvedere allo smaltimento in discariche controllate ed autorizzate
- Ragioni fornite in relazione alla esclusione della scavatrice: Fenomeni di convergenza elevati
- Parere del gruppo TSE : L'attraversamento di questa zona per mezzo di una TBM è problematico in quanto le elevate convergenze inducono sullo scudo pressioni progressivamente maggiori e tali da determinarne il bloccaggio e la conseguente impossibilità di avanzamento dell'intera attrezzatura di scavo.

## 2.1.7 Zona 7: Cono di deiezione del Rio Prebech - Portale est (Bussoleno)



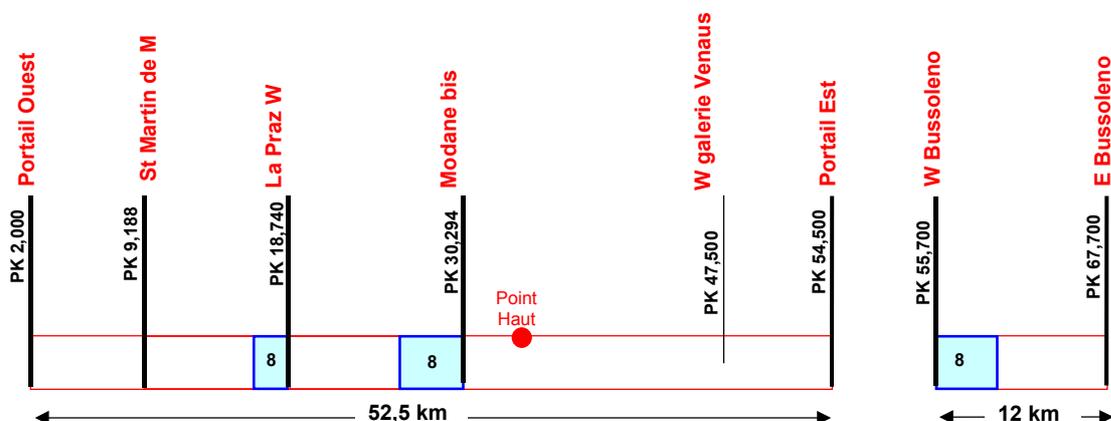
- Tratta E da PK 67,200 a PK 67,740 - Portale ovest del tunnel di base (Venaus)
- Lunghezza: variabile da 500 m a 2000 m
- Descrizione dei terreni: Nei primi 800 metri, il tunnel è situato nel cono di deiezione del Rio Prebech, in parte individuato durante i sondaggi e costituito principalmente da materiali del tipo a blocchi eterogenei in una matrice limacciosa o sabbioso-limacciosa. Per i successivi 500 metri (almeno), il tunnel penetra nella dolomia, la cui superficie fa un piccolo angolo con l'orizzontale, e tale dolomia è di natura molto frantumata e di cattiva qualità.
- Ragioni fornite in relazione alla esclusione della scavatrice : Terreni eterogenei con debole coesione e possibilità di vene d'acqua con fronte molto instabile.
- Parere del gruppo TSE :
- Devono essere prese delle precauzioni per lo scavo, nel cono di deiezione del Rio Prebech e nelle dolomie frantumate sia contro le instabilità dei terreni che contro le vene d'acqua : si renderà necessario abbassare il livello della falda, facendo però attenzione alla vegetazione presente in superficie (non prosciugare la zona).
- Le pressioni dell'acqua, prevedibili in questa zona, dell'ordine di 0,6 MPa, senza abbassamento della falda, sono ancora nell'ambito dell'impiego delle scavatrici. Potrà essere prevista, in una zona del genere, una scavatrice del tipo con scudo a confinamento che possa posare dei conci in avanzamento, e sia munita di una testa mista \*, per continuare nei terreni del massiccio della Dora Maira, associata

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

eventualmente a dei trattamenti con iniezioni, allo scopo di migliorare la stabilità dei terreni e in modo che venga in questo caso preservata la falda.

\* descrizione dettagliata della macchina prevista al § III.2 ed in allegato 2

## 2.1.8. Zone 8: Attacchi discendenti



- Tratta **B** Attacco ovest della discenderia di **La Praz** a partire dal PK 18,740
- Lunghezza stimata di 2000 m
- Tratta **C** Attacco ovest della discenderia di **Modane** a partire dal PK 30,294
- Lunghezza stimata di 3500 m
- Tratta **E** Attacco al portale Est del tunnel di **Bussoleno** a partire dal PK 55,700
- Lunghezza stimata di 5500 m
- Ragioni fornite in relazione alla esclusione della scavatrice : **Rischio idrogeologico**
- Parere del gruppo TSE :
- Per quanto concerne l'attacco discendente di La Praz ovest, esiste la probabilità di incontrare una falda acquifera calda che deve essere individuata attraverso la galleria di ricognizione di la Praz Ovest. La captazione delle acque calde sul fronte è difficile vale a dire pericoloso in attacco discendente. E la cosa vale sia per l'avanzamento tradizionale che con la scavatrice. Se la presenza di tale falda acquifera viene individuata, occorrerebbe prevedere unicamente una scavatrice in attacco in salita in questa zona prolungando quindi l'attacco di Saint Martin Est.
- Per gli altri attacchi discendenti, non vediamo motivi importanti per la messa in sito della scavatrice in attacco discendente.

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

## 2.2. Rivestimento

### IPOTESI Alpetunnel :

- Nel caso di scavo meccanizzato, non è stato previsto l'impiego di conci prefabbricati tenendo conto delle convergenze previste e dei carichi statici della pressione del terreno o dell'acqua, collegati alle forti coperture.
- Il rivestimento è in calcestruzzo gettato in loco, prodotto partendo da granulati di materiale inerte proveniente dallo sfruttamento dei materiali di scavo. Posa in opera in elementi di 10 metri allo scopo di evitare la fessurazione. Spessore del rivestimento di 50cm.
- La posa del rivestimento inizia solo dopo la fine dei lavori di scavo.

### Parere del gruppo TSE :

- La realizzazione della posa in opera di tutti i rivestimenti alla fine dello scavo, potrebbe portare a grandi problemi di logistica di fabbricazione e di approvvigionamento dei calcestruzzi. Questa scelta provoca per altro un notevole prolungamento dei tempi. Occorre privilegiare la posa del rivestimento in tempo utile schermato, anche se questo provoca un ulteriore vincolo dovuto alla riduzione della sezione libera del tunnel sul lato interno delle attrezzature di cassaforma. Lo studio della valorizzazione dei materiali fornirà delle precisazioni sulla possibilità di riutilizzo dei materiali di scavo per i calcestruzzi del rivestimento.
- La posa dei conci prefabbricati è stata prevista per le zone dei terreni medi e cattivi.

Una descrizione più esatta della posa dei rivestimenti e dei calcestruzzi di seconda fase, è stata riportata al § III.2.4

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

### 2.3 Posizione del gruppo TSE

Le tratte **A**, **D** ed **E**, si trovano in una zona critica della progettazione. I metodi meccanizzati di scavo sono da privilegiare per tale motivo in queste tratte, mentre le zone citate in precedenza richiedono un tipo di meccanizzazione particolare.

La sintesi che riassume la posizione del gruppo TSE in relazione a tali 8 zone di esclusione delle scavatrici, è la seguente:

- Tratta **A** :

Zona 1 : **Cono di deiezione di Saint Julien**

Difficile qualunque sia il metodo scelto

Possibilità di utilizzo di una scavatrice con conci con adeguamento della testa per il trattamento dei blocchi

Zona 2 : **Zona Oltre- dauphinoise**

Possibile la meccanizzazione senza grandi difficoltà

Zona 3 : **Zona Carsica**

Meccanizzazione con ricognizioni durante l'avanzamento

Zona 4: **Carbonifero tettonizzato e Carbonifero Produttivo**

Difficile col metodo meccanizzato – tenere conto dei risultati ottenuti a St Martin

Possibilità di utilizzo di una scavatrice con posa del rivestimento dopo la stabilizzazione della convergenza

- Tratta **D** :

Zona 5: **Zona Piemontese**

Difficile qualunque sia il metodo scelto

Possibilità di impiego di una scavatrice del tipo con scudo a confinamento + conci

Tratta **E** :

Zona 6: **Rocce verdi**

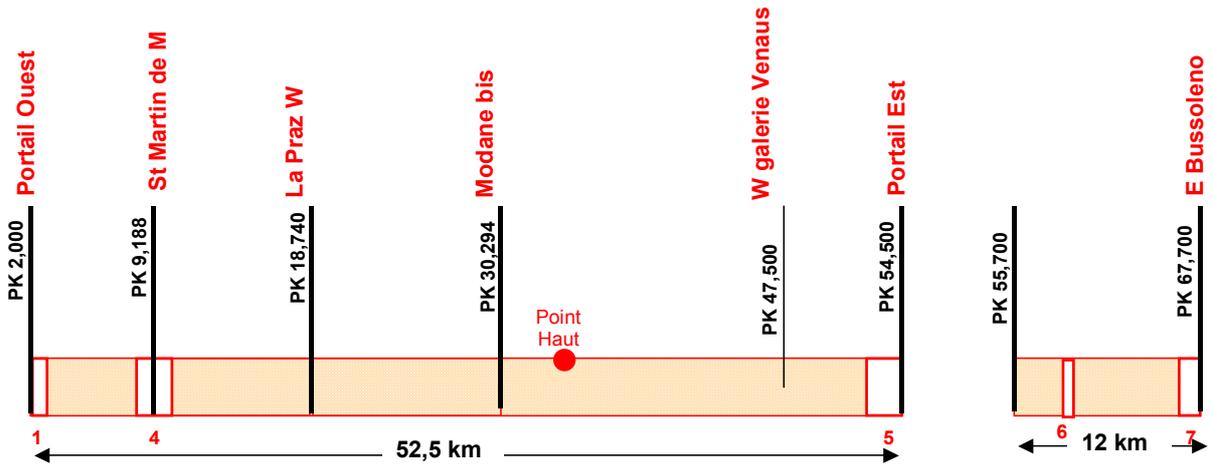
Difficile col metodo meccanizzato

Impossibile la meccanizzazione

Zona 7: Cono di deiezione del Rio Prebec

Difficile qualunque sia il metodo scelto

Possibilità di utilizzo di una scavatrice del tipo con scudo a confinamento + conci



zona incerta con problematica più complessa

possibile una scavatrice adattata

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

### 3. Méthodi proposti per la meccanizzazione ottimale

#### 3.1 i vari metodi previsti :

Sono stati definiti e confrontati parecchi metodi di esecuzione tradizionale e meccanizzata. Tali metodi sono stati descritti in **allegato 2 "SCHEDE DEI METODI DI ESECUZIONE POSSIBILI"**.

La scheda è composta da :

- **SCAVATRICE Ø = 10 m** –Descrizione e confronto di diversi tipi di scavatrice :
  - 1 TBM Roccia dura
    - 1a Scavatrice Rialesatrice
  - 2 Scudo con appoggio longitudinale
    - 2a Scudo a contenimento misto (EPB + TBM)
  - 3 Scudo a doppio appoggio
    - 3a Scudo a doppio appoggio e contenimento (EPB Double Shield)
- Metodo TRADIZIONALE

Abbiamo definito per ogni metodo scelto, il suo adeguamento in rapporto alla natura dei terreni da attraversare e il tutto è stato riassunto nella tabella che segue :

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	Groupement TSE Lyon Turin
04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

Adeguamento metodo/terreni incontrati nel progetto

	Roccia dura	Roccia mobile	Roccia eterogenea (passaggi mobili)	Terreno molto deformabile (Forte convergenza)	Terreno rigonfiante* (anidriti)	Terreni carsici	Terreno abrasivo (quarziti)
<b>Metodi meccanizzati</b>							
Tipo 1	⊗	—	X (secondo %)	O	X	X	O
Tipo 1a	⊗	—	X (secondo %)	O	X	X	⊗
Tipo 2	⊗	X***	O	—/ X*	O**	O carsico riempito	O
Tipo 2a	O	⊗	O	—/ X*	O**	O carsico riempito	X
Tipo 3	⊗	X***	O	—	O**	O carsico riempito	O
Tipo 3a	O	⊗	O	—	O**	O carsico riempito	X
<b>Metodi tradizionali</b>							
Secondo la natura dei terreni viene definita la sezione tipo di sostegno la più adatta (cfr. scheda metodo in allegato 2)							

Légenda : ⊗ idonea O accettabile X possibile — inadatta

Nota :

\* secondo il valore delle convergenze (e con dispositivo di variazione del diametro della scavatrice)

\*\* Anidriti di buona qualità geotecnica a priori

\*\*\* se venga fatto un trattamento del terreno preventivo o durante l'avanzamento

### 3.2 Metodidi e Durate della realizzazione di ciascuna tratta

#### 3.2.1 Principali ipotesi per la messa a punto delle programmazioni

- Le diverse ipotesi esaminate durante la realizzazione delle programmazioni sono le seguenti
- I lavori preparatori vengono realizzati per quanto possibile nell'ambito dei lavori preliminari (*paragonabile a Alpetunnel*),
- Il  $t_0$  di avviamento delle programmazioni è la data dell'aggiudicazione dei contratti,

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

- La data dell'inizio è al momento la stessa per tutte le tratte,
- Per la realizzazione del bi-tubo non fasato, gli attacchi del secondo tubo vengono scalati di 4 mesi alla partenza e di 2 mesi solamente all'arrivo a causa del miglioramento del rendimento, .
- l'avviamento della costruzione della macchina. Gli studi di definizione delle macchine più complesse, laddove non siano già esistenti, potranno essere fatti anticipatamente. (cfr. Allegato 1 § I)
- All'inizio della tratta si comincia lo scavo con un attacco tradizionale di circa 300 m di lunghezza per la realizzazione della camera di avviamento della scavatrice, durante il periodo della sua costruzione (cfr. Allegato 1 § I-art. 1)..
- Le opere secondarie (diramazioni, tubi biforcati di raccordo ...) vengono realizzate in tempo utile schermato. Le velocità di avanzamento esaminate integrano tali lavori (\*)
- Vengono tenuti presenti per i ritmi di scavo anche gli ostacoli previsti da Alpetunnel (cfr. Allegato 1 § IV - -art. 4).
- I tempi indicati corrispondono a dei termini di **fine di costruzione di genio civile**, mentre i tempi per la posa delle attrezzature ferroviarie o meno, non sono compresi nelle pianificazioni presentate (confrontabile con Alpetunnel) (\*\*)
- Una tabella sintetizza i risultati (riportata a p55A), rivelando i tempi di esecuzione al di fuori dei rischi maggiori (paragonabile ad Alpetunnel), inserendo anche una ipotesi di incontro di tali rischi (cfr. Allegato 1 § VI)

La scheda unita in Allegato 1 "**GIUSTIFICAZIONE DEI TEMPI ESECUTIVI**" chiarisce tutte queste ipotesi

Per poter confrontare i tempi di realizzazione delle varie soluzioni e valutare la loro vulnerabilità nei confronti dei vari rischi, le programmazioni sono state messe a punto partendo da **campi di velocità**. Questo ha portato a definire l'insieme dei **ritmi probabili** ed anche quello più vasto dei **ritmi possibili**. Quest'ultimo campo abbraccia tutte le velocità prevedibili, anche le più improbabili, al punto che i valori situati nel campo probabile sono caratterizzati da un credito elevato.

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

\* Viene presentato uno studio che dettaglierà l'organizzazione dei cantieri delle opere accessorie, al § III.2.6

\*\* Le ipotesi fatte per il rivestimento e per le rifiniture vengono indicate in dettaglio al § III.2.4

Le programmazioni delle date probabili e possibili di arrivo della fine dello scavo per ciascuna tratta, sono state messe a punto con **differenti scenari**. Tale criterio permette di valutare i rischi relativi ai lavori di perforazione.

Viene in tal modo definita una soluzione di riferimento per ciascuna tratta.

Essa serve a mettere a punto la **programmazione di riferimento** (che appare in *Allegato 5*) che comprende :

La programmazione basata sul limite inferiore del campo di velocità probabile. Questo permette di integrare gli scalamenti a livello di avviamento degli attacchi in parallelo.

I problemi di logistica al piede di discenderia (privilegiare gli scenari che prevedano un solo attacco, quando sia possibile)

una logica di coordinamento compatibile con la messa in funzione delle attrezzature (consegna scaglionata delle tratte A,B,C,D in questo ordine, per rispettare la logica della posa della via ferrata)

### 3.2.2. Considerazioni generali sull'utilizzo della scavatrice

La principale difficoltà di esecuzione è correlata alla presenza di entità geologiche differenti nell'ambito di una stessa tratta geologica. Occorre definire una macchina che sia in grado di attraversare in modo ottimale l'insieme dei terreni di una stessa tratta (*cf. tabella della pagina precedente – adeguamento terreno/metodo*). Sono prevedibili degli adattamenti della scavatrice previsti in anticipo. La cosa viene già attuata per alcune macchine. (marinatura , modo di confinamento e di grippaggio, estensione del grembiule, modifica del raggio di scavo) anche se la cosa dovrà essere portata più avanti.

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

E' stata integrata nella riflessione l'importanza dei problemi specifici relativi alle grandi profondità (squeezing, grandi convergenze, pressioni elevate, temperature elevate, carico idraulico). Si riflette sul fatto che il superamento degli ostacoli geologici e delle zone carsiche non rappresenta ormai oggi un ostacolo alla meccanizzazione. Degli interventi effettuati sulle scavatrici per individuare i terreni avanti al fronte ed eventualmente per trattarli con iniezione (evitando naturalmente i rischi di bloccaggio della macchina per diffusione della boiaccia) permettono di superare tali anomalie del terreno. Si valuta e si tiene conto del loro impatto attraverso la velocità di avanzamento.

Le difficoltà che rendono difficile la meccanizzazione e che richiedono un attento esame da parte del costruttore di macchine, riguardano :

I rischi di bloccaggio della macchina a causa delle forti convergenze (carbonifero produttivo) o del rigonfiamento del terreno (anidrite) - a priori più lenta

I rischi di usura rapida delle frese nei terreni molto abrasivi (quarziti, soprattutto in presenza d'acqua)

le vene d'acqua che possano favorire gli svuotamenti nel caso di una macchina aperta sul fronte (non confinata)

Le indagini avviate, come l'esecuzione di gallerie di ricognizione o di nuovi sondaggi, dovranno fornire delle informazioni utili sull'argomento.

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

### 3.2.3. Metodi approvati per la realizzazione delle tratte

Il documento di sintesi dei metodi esecutivi (*sintesi dei metodi di esecuzione \_3404\_D*) in allegato 3 riassume i metodi approvati in definitiva per ciascuna tratta.

I tempi di esecuzione per ciascuna tratta indicati nei paragrafi seguenti, sono i tempi di fine scavo e di fine rivestimento, al di fuori dei rischi importanti meccanici e geologici.

#### 3.2.3.1 Tratta A : Portale Ovest – Saint Martin

##### 3.2.3.1.1. I limiti ed il tipo della meccanizzazione prevista

Il tempo di realizzazione di questa tratta è il più critico negli studi di Bonnard e Gardel e Alpetunnel ; sembra quindi interessante il fatto di studiare un metodo meccanizzato per superare questa tratta.

Sono state distinte su questa tratta quattro zone geologiche principali di comprensione più o meno difficile (cfr. da § II.1.1 a II.1.4).

- Occorre quindi concepire una scavatrice in grado di attraversare questi terreni caratterizzati da caratteristiche tutte differenti tra loro.
- La scavatrice attraversa uno dopo l'altro i seguenti terreni :
- dei **terreni mobili, instabili ed eterogenei** del cono di Saint Julien per circa 700 m (*Zona 1 - §II.1.1*),
- dei terreni duri, geotecnicamente di buona qualità (depositi di pirargite [flyschs] e scisti), della zona Oltre-delfinato per 2850 m (*Zona 2 - §II.1.2*),
- uno strato di gesso e di anidrite per 300 m,
- una zona calcarea potenzialmente carsica per 2300 m (*Zona 3 - §II.1.3*)
- il fronte del carbonifero per 400 m (scaglie di anidrite e di carbonifero aggrovigliate – scaglie tettonizzate di calcare del Dogger – importanti circolazioni d'acqua),
- del carbonifero produttivo che rivela un rischio di forti convergenze per 640 m (*Zona 4 - §II.1.4*).

- Questi ultimi terreni devono essere riconosciuti attraverso la galleria di ricognizione di Saint Martin Ovest

Terreni						
Terreni	ghiaione	Flyshs/ Scisti Trias (gesso+ anidrite 700m)	TRIAS	Calcari carsici	TRIAS	Carb Prod
	Zona 1	Zona 2		Zona 3		Zona 4
Ostacoli			2			2
Metodo meccanizzato - tipo di scavatrice						
Adatto	T3	T1	T3	T1	T3	T1
Accettabile	T3a	T2 T3		T2 T3		
Possibile		T3a		T3a		
Bilancio						
A 1	T3 / T3a					
A 2	T3 / T3a				Tradi	
A 3	Tradi	T1 o T3		Tradi		

Nota \* : con scavatrice adattabile o modificabile

La particolarità della *zona 1*, "cono di deiezione di Saint Julien" condiziona il resto dell'esecuzione della tratta. Come spiegato al § II.1, il rischio di incontrare dei blocchi di dimensione metrica non è trascurabile e inoltre, si tratta di una zona instabile e potenzialmente acquifera.

In queste condizioni suggeriamo la **scavatrice** seguente :

- scavatrice con scudo a doppio appoggio che consente la **posa di conci** nel grembiule in presenza della instabilità di alcuni terreni
- L'incontro con i blocchi impone di prevedere delle ristrutturazioni della ruota di taglio per avere un **accesso diretto al fronte**.
- Le comparse di acqua richiedono **un confinamento del fronte**, oppure la creazione di pozzi di ribassamento della falda
- La posa del rivestimento può essere differita grazie ad un dispositivo di **grippaggio laterale**, con un funzionamento in **modo aperto**, il ché consente migliori prestazioni nell'avanzamento nei terreni al di fuori dei ghiaioni.

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

Per quanto riguarda l'attraversamento della *zona 3*, potenzialmente carsica, come descritto al § II.1.3, i ritmi vengono rallentati per effettuare **dei sondaggi in avanzamento in differenti direzioni** (3 sondaggi di 90m) e anche per limitare il rischio di svuotamento, che rappresenta il pericolo maggiore in questa zona. Tali disposizioni sono di più facile attuazione con una scavatrice di tipo T3 o T1 che consente un accesso diretto alla testa.

Nella fase attuale degli studi, nel cono di Saint Julien (*Zona 1*), risulta difficile la scelta tra la scavatrice di tipo **T3 e T3a**, non sapendo quale sia l'elemento condizionante maggiore : i blocchi o l'acqua.

Occorre notare che una **galleria di ricognizione** di 700m di lunghezza attraverso il cono di deiezione di Saint Julien permetterebbe di eliminare tutte queste incertezze : presenza di blocchi, instabilità dei terreni, comparse d'acqua (permeabilità e carico idraulico)... Essa potrebbe servire a valutare al meglio il tipo di scavatrice ed a drenare il terreno.

Nel resto dei terreni incontrati nella tratta, la più adatta dovrebbe essere una scavatrice del tipo **T3 o T1**.

3.2.3.1.2. I diversi scenari previsti : A1 - A2 - A3

- Scenario A1 : Un solo attacco in salita per la scavatrice alla partenza da Saint Julien **Il tempo probabile di realizzazione** di questa tratta con un solo attacco in salita con la scavatrice varia quindi tra **4 anni + 8 mesi e 5 anni + 3 mesi**, in base alle ipotesi esaminate nell'allegato 1 (Fuori Rischi Maggiori). Tali risultati vengono riportati in dettaglio negli allegati 4 e 5

- Scenario A2 : Aggiunta di un attacco discendente col metodo tradizionale alla partenza da Saint Martin

Oltre all'attacco con la scavatrice descritto in precedenza, un attacco col **metodo tradizionale discendente** alla partenza di Saint Martin, permette di arrivare all'incontro della scavatrice fino al livello dei calcari della zona sub-briançonese.

Questo attacco è indispensabile nel caso in cui si verifichi il fatto che la zona del carbonifero produttivo (individuata in precedenza attraverso la galleria di ricognizione di Saint Martin

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

Ovest) venga ritenuta problematica per un superamento con la scavatrice, a causa delle forti convergenze osservate in questi terreni.

Esso permette anche di superare in qualche modo le difficoltà eventuali di avanzamento della scavatrice impegnata nell'attacco in salita.

Percontro, il fatto di aggiungere un attacco a Saint Martin (anche tradizionale) aumenta le difficoltà logistiche del cantiere al piede della discenderia in quanto sarebbero in tal caso da gestire 4 attacchi al piede di tale discenderia.

**Il tempo probabile di realizzazione** di questa tratta con due attacchi (uno con la scavatrice e l'altro col metodo tradizionale), varia quindi tra **4 anni + 1 mese e 4 anni + 5 mesi** in base alle ipotesi esaminate in allegato 1 (Al di fuori dei Rischi Maggiori). Tali risultati vengono riportati in dettaglio negli allegati 4 e5.

- Scenario A3 : Attacco in salita col metodo tradizionale alla partenza da St Julien per i primi 700 metri (zona 1) e poi con la **scavatrice** + attacco discendente col metodo tradizionale alla partenza da Saint Martin

Se il superamento della zona dei ghiaioni viene ritenuto troppo problematico per una messa in funzione della scavatrice, sarà preferibile attraversare questi primi 700 metri col metodo tradizionale. Una scavatrice del tipo T3 o T1 verrà messa in funzione all'uscita del cono di ghiaioni (zona 1), nelle Flyschs [pirargiriti] della zona 2.

**Il tempo probabile di realizzazione** di questa tratta con due attacchi, varia quindi tra **4 anni + 8 mesi e 4 anni + 11 mesi** in base alle ipotesi prese in esame nell'allegato 1 (Al di fuori dei Rischi Maggiori). Tali risultati vengono riportati in dettaglio negli allegati 4 e 5.

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	Groupement TSE Lyon Turin
04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

### 3.2.3.2. Tratta B : Saint Martin – La Praz Ovest

Ricordiamo che la scelta dell'orientamento della discenderia di La Praz è stata modificata dopo gli studi di Alpetunnel. Essa è attualmente orientata verso l'ovest, e quindi la lunghezza della tratta è passata da 11,8 km a 9,5 km.

#### 3.2.3.2.1. I limiti ed il tipo della meccanizzazione prevista

Dopo l'accesso di Saint Martin Est, si attraversano successivamente 610 m di carbonifero produttivo non tettonizzato, e poi 8940 m di carbonifero sterile fino al piede della discenderia di La Praz ovest.

Questa tratta lunga 9550 metri, relativamente omogenea, permette di pensare all'impiego di una **scavatrice**.

<b>Terreni:</b> Senza ostacoli	Car b	Carbonifero stérile	Carbonifero Stérile
	pro		Acque calde
	<b>Zona 4</b>		
<b>Metodo meccanizzato – tipo di scavatrice</b>			
Adatta	T1	T1	T1
Accettabile		T2	T2
Possibile			
<b>Bilancio</b>			
<b>B 1</b>		<b>T1</b>	
<b>B 2</b>	<b>Tr</b>	<b>T1</b>	
<b>B 3</b>	<b>Tr</b>	<b>T1</b>	<b>Tradi</b>

Tenendo conto della tenuta dei terreni, le scavatrici a confinamento del fronte non sono giustificate. Per le stesse ragioni non è necessario prevedere in avanzamento la posa di un rivestimento prefabbricato; soluzione peraltro poco compatibile con i valori di convergenza che possono esistere nel carbonifero produttivo. L'impiego di uno scudo meccanizzato ad appoggio longitudinale (i martinetti si appoggiano sul rivestimento fatto di conci) è quindi da escludere.

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

Le macchine adatte alle condizioni di questa tratta sono le **scavatrici a fronte aperto, a superficie piena**, con **appoggio laterale**, del tipo **T1**. Il campo di impiego classico di tale TBM, la cui testa di taglio è munita di frese, sono i terreni rocciosi ripidi e stabili (classe AFTES da R1 a R4).

Nell'ipotesi di forti convergenze nel carbonifero produttivo, è bene prevedere un **grembiule molto corto e di forma conica**. E' inoltre importante prevedere la possibilità di munire la ruota di taglio di frese periferiche, destinate a realizzare un sovra-taglio.

In questa tratta sarà preferibile attraversare la zona **dell'acquifero caldo** ad ovest del piede della discenderia di La Praz in attacco in salita (cfr. Zona 2 § II.1.6), dopo un eventuale suo trattamento dopo il piede della discenderia.

Occorre notare che per lo scavo dello stesso terreno su un percorso lungo (9000 m di carbonifero sterile), il rendimento delle squadre e della scavatrice è ottimale, il che si traduce in generale in un aumento del ritmo (cfr. Allegato 1 – Scheda ritmi scavatrice)

3.2.3.2.2. I vari scenari previsti : B1 - B2 - B3

NOTA : A causa dell'importanza delle convergenze previste in questa tratta, si prevede di porre in opera il rivestimento con uno sfasamento di 6 mesi rispetto allo scavo (cfr. §III.2.4). In questo caso l'impatto del tempo della posa differita del rivestimento rispetto al tempo di realizzazione del genio civile è di solamente un mese : si prevede che tale sfasamento sia incluso nei tempi previsti per la gestione dei calcestruzzi ( posta 5 = 5 mesi) .

- Scénario B1 : Un attacco in salita con scavatrice alla partenza da Saint Martin

**Il tempo probabile di realizzazione** di questa tratta con un solo attacco in salita con scavatrice, varia quindi tra **4 anni + 10 mesi e 5 anni + 6 mesi** in base alle ipotesi esaminate in allegato 1. Tali risultati sono stati riportati in dettaglio negli allegati 4 e 5.

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

- Scenario B2 : Un solo attacco in salita col metodo tradizionale e poi con scavatrice dalla partenza di Saint Martin

Nel caso in cui si verifichi il fatto che il carbonifero produttivo (lunghezza 610 m) sia troppo deformabile, si attraversano tali terreni con un **metodo tradizionale**.

**Il tempo probabile di realizzazione** di questa tratta con una partenza con metodo tradizionale e poi con scavatrice varia quindi tra **5 anni + 3 mesi** e **5 anni + 11 mesi** in base alle ipotesi esaminate in allegato 1. Questi risultati sono stati riportati in dettaglio negli allegati 4 e 5

- Scenario B3 : Un attacco in salita col metodo tradizionale e poi con la scavatrice alla partenza da Saint Martin + Aggiunta di un attacco in discesa col metodo tradizionale alla partenza da La Praz

Se si esamina l'insieme della programmazione in una logica di coordinamento di gestione del cantiere delle attrezzature, tale metodo si inserisce al meglio nella pianificazione di riferimento, cfr. Allegato 3.

Tuttavia il fatto di aggiungere un attacco a La Praz (stesso metodo tradizionale) aumenta le difficoltà logistiche del cantiere al piede della discenderia in quanto si dovrebbero gestire in tal caso 4 attacchi al piede di tale discenderia.

**Il tempo probabile di realizzazione** di questa tratta con una partenza in tradizionale e poi con la scavatrice, varia in effetti tra **4 anni + 5 mesi** e **4 anni + 9 mesi** in base alle ipotesi esaminate in allegato 1. Tali risultati vengono riportati in dettaglio negli allegati 4 e 5.

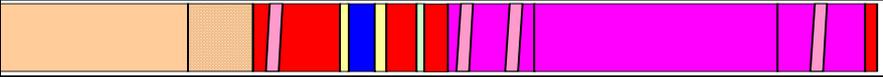
APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

### 3.2.3.3. Tratta C : La Praz Ovest – Modane

Dobbiamo ricordare innanzitutto che la scelta di orientamento della discenderia di La Praz è cambiata dopo gli studi di Alpetunnel, ed è attualmente orientata verso l'ovest, con la conseguenza che la lunghezza della tratta è passata da 8,5 km a 11,6 km.

#### 3.2.3.3.1. Le limitazioni ed il tipo di meccanizzazione prevista

Questa tratta si colloca in una geologia complessa che fa prevedere un attraversamento di zone ad alta abrasività (Quarziti per una lunghezza di 3000m).

Terreni:				
	Carbonifero sterile	Carbopro d	Permo-trias su 3700m Quarziti (3000m)	Micascisti Aquifero in carica
Ostacoli		1	3	2
Metodo meccanizzato - tipo di scavatrice				
Adatta	T1	T1	T3 (zona frantumata)	T1
Accettabile	T2		T1	T2
Possibile		T2?	T1	
Bilancio				
C 1	T1			
C 2	T1	T1	T1 (+ tratt. Ostacoli)	Tradi
C 3	Tradi			

Nota \* : scavatrice adattabile

I terreni vengono qualificati nell'insieme da medi a buoni e permettono di prevedere l'utilizzo di una **scavatrice di roccia dura** con o senza posa differita del rivestimento secondo le zone. Solo l'**abrasività** delle quarziti può costituire un freno all'avanzamento della scavatrice imponendo una frequenza elevata alle sostituzioni delle frese.

#### 3.2.3.3.2. I diversi scenari previsti : C1 - C2 - C3

- Metodo C1 : Un solo attacco in salita con la scavatrice dopo La Praz Ovest

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

**Il tempo probabile di realizzazione** di questa tratta con un solo attacco in salita con la scavatrice varia quindi tra, **5 anni + 9 mesi e 6 anni + 7 mesi** in base alle ipotesi esaminate in allegato 1. Tali risultati sono stati riportati in dettagli negli allegati 4 e 5.

Questo metodo senza attacco dopo Modane permette una **migliore organizzazione della logistica del cantiere di Modane**. Per contro il tempo di esecuzione di questa tratta diventa il più critico del tunnel di base.

Una soluzione sarebbe quella di **anticipare i comandi della scavatrice** solo per questo lotto ; in questo caso, i tempi probabili di realizzazione sarebbero riportati a 4 anni e 9 mesi ed a 5 anni e 7 mesi.

Un'altra soluzione che permetterebbe di ridurre al minimo il tempo di realizzazione di questa tratta è quella di prevedere uno spostamento verso l'est del piede della discenderia di La Praz (riduzione della lunghezza della tratta). Si tratta di una variante allo studio. La programmazione ad essa associata ed anche una nota esplicativa vengono presentate nell'allegato 7.

- Metodo C2 : Attacco discendente con metodo tradizionale oltre ad un attacco ascendente descritto in precedenza :

Tenendo conto della notevole lunghezza da percorrere di 11500 metri, e del rallentamento possibile della scavatrice nelle zone di alta abrasività, un attacco discendente con metodo tradizionale permetterebbe di ridurre notevolmente i tempi di realizzazione di questa tratta. Esso permetterebbe di eliminare anche una parte dei rischi e di poter soccorrere la scavatrice impegnata nell'attacco ascendente in caso di problemi.

Dopo la discenderia di Modane, i terreni sono essenzialmente di micascisti con caratteristiche da medie a buone che lasciano prevedere una buona velocità di avanzamento col metodo tradizionale.

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

**Il tempo probabile di realizzazione** di questa tratta varia quindi tra **4 anni + 9 mesi e 5 anni + 2 mesi** in base alle ipotesi esaminate nell'allegato 1. Tali risultati vengono riportati in dettaglio negli allegati 4 e 5.

- Metodo C3 : Due attacchi col metodo tradizionale, uno ascendente alla partenza da La Praz ovest, e l'altro discendente a partire da Modane :

Come sopra descritto, questa tratta può essere realizzata col metodo tradizionale con una buona velocità di avanzamento e presenta **meno rischi** rispetto all'uso delle scavatrici, soprattutto nelle zone di alta abrasività.

**Il tempo probabile di realizzazione di questa tratta** con due attacchi con metodo tradizionale, sarebbe quindi di **6 anni + 3 mesi** in base alle ipotesi esaminate in allegato 1. Tali risultati sono riportati in dettaglio negli allegati 4 e 5.

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	Groupement TSE Lyon Turin
04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

### 3.2.3.4. Tratta D : Modane – Venaus

Questa tratta è la più lunga ed è quindi determinante dal punto di vista della programmazione. Essa condiziona l'avviamento dei cantieri di posa della via ferrata.

#### 3.2.3.4.1. I limiti ed il tipo di meccanizzazione prevista

Alla partenza da Modane, si incontra in successione una copertura sedimentaria silicea (micascisti) e poi una copertura sedimentaria carbonatata (anidriti - calcari), e infine lo zoccolo del massiccio d'Ambin (Micascisti e gneiss). Questi ultimi terreni sono qualificati come BUONI, resta tuttavia una incertezza sul loro comportamento al di sotto di coperture notevoli (in questi ultimi terreni, è meglio non posare un rivestimento prefabbricato in avanzamento a causa delle possibili convergenze).

La galleria di ricognizione di Modane deve individuare i terreni della copertura sedimentaria carbonatata e deve poi identificare il comportamento delle anidriti.

Per contro, alla partenza da Venaus, prima di penetrare nel cuore del massiccio, occorre innanzitutto attraversare la *zona 5* con problematiche più complesse (cfr. Descrizione della geologia al §II.1.5).

Terreni:					
	Micasc	Trias per 5700m dolomie, calcari, gesso+anidrite (1050m) quarziti (550m)	Micascisti e gneiss Per L= 14680m		Scisti lucidi Gneiss micasc
					<b>Zona 5</b>
Ostacoli	1	2			1
<b>Metodo meccanizzato – tipo di scavatrice</b>					
Adatta	T1	T3	T1		T3a
Accettabile	T3	T1 T2	T3		T2a
Possibile	T2	T3	T3a		T3
<b>Bilancio</b>					
D1	<b>T3 o T1</b>		<b>T3a* o T3</b>		
D2	<b>T3 o T1</b>		<b>T1</b>		<b>Tradi</b>

Nota \* : scavatrice modificata all'arrivo nei micascisti : sostituzione della vite con un nastro trasportatore.

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

I tipi di scavatrici previste saranno quindi :

- Alla partenza da **Modane**, una **scavatrice con scudo a fronte aperto T3 o T1**, che consenta la posa di un **rivestimento prefabbricato** sotto lo scudo nelle zone dove non possono essere utilizzati i gripper (gessi ed anidriti) e dove ci si debba appoggiare sui conci all'indietro. La parte essenziale dello scavo dovrà tuttavia essere effettuata con una posa differita del rivestimento con utilizzo di **grippers [pinze,ndt]**.
- Alla partenza da **Venaus** la scavatrice dovrà inoltre essere in grado di funzionare in **modo confinato (T3a)** nei terreni instabili della zona piemontese. Uscendo poi da tali terreni difficili, la vite di estrazione verrà sostituita da un nastro trasportatore e la scavatrice funzionerà in **modo aperto** nel massiccio d'Ambin. Se all'epoca della esecuzione della galleria di Venaus si verifici il fatto che i terreni siano di migliore qualità o che si possano trattare a partire dalla galleria, sarà in tal caso possibile avanzare con un **T3 o con un T1**, il che migliorerà il rendimento.

3.2.3.4.2. I vari scenari previsti : D1- D2

- Metodo D1 : Due attacchi con la scavatrice

Il metodo previsto mette in funzione **2 attacchi con scavatrice**, uno ascendente e poi discendente dopo Modane, e l'altro in salita dopo Venaus.

**Il tempo probabile di realizzazione** di questa tratta varia quindi tra **5 anni + 3 mesi e 5 anni + 11 mesi** in base alle ipotesi esaminate nell'allegato 1. Tali risultati sono stati riportati in dettaglio negli allegati 4 e 5.

- Metodo D2 : Un attacco ascendente col TRADI [tradizionale] e poi con la scavatrice alla partenza da Venaus, ed un attacco con scavatrice alla partenza da Modane

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

Tenendo conto delle difficoltà previste per l'attraversamento della zona piemontese, si dovrebbero attraversare questi primi 1500 metri col metodo tradizionale.

Esso offre il vantaggio di poter collocare una scavatrice del tipo **T1** (TBM per Roccia dura) al livello dell'entrata nel massiccio d'Ambin e di limitare il rischio di bloccaggio della macchina a causa delle convergenze, in quanto la copertura del terreno è importante. Inoltre è importante il fatto di poter riutilizzare i materiali di questa zona, e a questo scopo, l'estrazione dei materiali con l'ausilio di un nastro trasportatore consente di accertarsene.

**Il tempo probabile di realizzazione** di questa tratta varia quindi tra **5 anni + 6 mesi e 6 anni + 2 mesi** in base alle ipotesi esaminate nell'allegato 1. Tali risultati sono stati descritti in dettaglio negli allegati 4 e 5.

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

### 3.2.3.5. Tratto E – Val Cenischia – Bruzolo (BUSSOLENO)

Per il tunnel di Bussoleno sono stati studiati 3 scenari differenti. Ciascuno di essi prende in considerazione i tempi di realizzazione relativi alla presenza, per il binario pari, di un tratto di galleria a doppio binario della lunghezza complessiva di circa 717 m. e al passaggio delicato della zona delle Rocce Verdi (zona 6).

#### 3.2.3.5.1. Le limitazioni ed il tipo di meccanizzazione prevista

Il tracciato del tunnel di Bussoleno dal punto di vista geologico si trova interamente all'interno delle unità della **Zona Piemontese**. L'area è stata soggetta ad una forte tettonica compressiva con importanti raccorciamenti ed è affetta in generale da un metamorfismo regionale di basso grado.

A partire dal portale Ovest e fino alla progressiva 58+100 l'ammasso roccioso è costituito prevalentemente da **calcescisti**; tra le progressive 58+100 e 58+400 è presente come scaglia tettonica una serie di **rocce verdi** costituita da prasiniti e serpentiniti, localmente estremamente fratturate o cataclastiche, l'attraversamento di quest'ultima zona, a causa dei probabili fenomeni di **convergenza elevata**, ha portato ad escludere l'impiego dello scavo meccanizzato.

Conseguentemente negli scenari presi in considerazione e di seguito descritti lo scavo del tunnel dal lato Ovest avviene sempre in tradizionale.

Tra le progressive 58+400 e 65+650 sono presenti ammassi rocciosi di qualità medio-buona costituiti dalla copertura sedimentaria del **massiccio della Dora Maira** (marmi, marmi dolomitici e calcescisiti arenari) e dal basamento cristallino paleozoico della Dora Maira (gneiss e micascisti).

Tra le progressive 65+650 e 67+200 è presente invece una zona della copertura sedimentaria del massiccio della Dora Maira di qualità scarsa a causa della presenza di zone fratturate ed alterate.

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	Groupement TSE Lyon Turin
04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

Anche il tratto terminale del tunnel, tra le progressive 67+200 e 67+750, è di qualità scarsa per la presenza dei depositi di **conoide** (zona 7).

In base alla ricostruzione geologica descritta lo scavo dal portale Est del tunnel può avvenire, nel tratto in conoide e nel successivo tratto interessato da un intenso stato fessurativo, per mezzo di una TBM di tipo misto in grado di avanzare con modalità a fronte stabilizzato e posa in opera del rivestimento in conci a tergo dello scudo (**T3a o T2a**).

Inoltre, per ragioni ambientali, il livello della falda freatica situato nel cono non può essere abbassato, e questo giustifica ancora di più la scelta di lavorare con una scavatrice a confinamento del fronte.

Successivamente, nel tratto di qualità buona, la macchina dovrà essere in grado, per mezzo delle opportune e necessarie trasformazioni, di operare in modalità aperta.

Terreni:				
	Scisti lucidi	Kocchievardi	Copertura di calcari dolomitici - contatto zoccolo di copertura = sede di fenomeni carsici	Cono matrice sabbio limoso Affioramento acqua
	Zona 6			Zona 7
Ostacoli		1 3		2
Metodo meccanizzato				
Adatto	T3	-	T1	T2a
Accettabile	T2a	-	T2a	T3a
Possibile	T1	-	T3a	
Bilancio				
E 1	Tradi			T3a o T2a
E 2	Tradi	Tradi	Tradi	Tradi
E 3	Tradi	Tradi		T3a o T2a

3.2.3.5.2. I vari scenari previsti : E1- E2 - E3

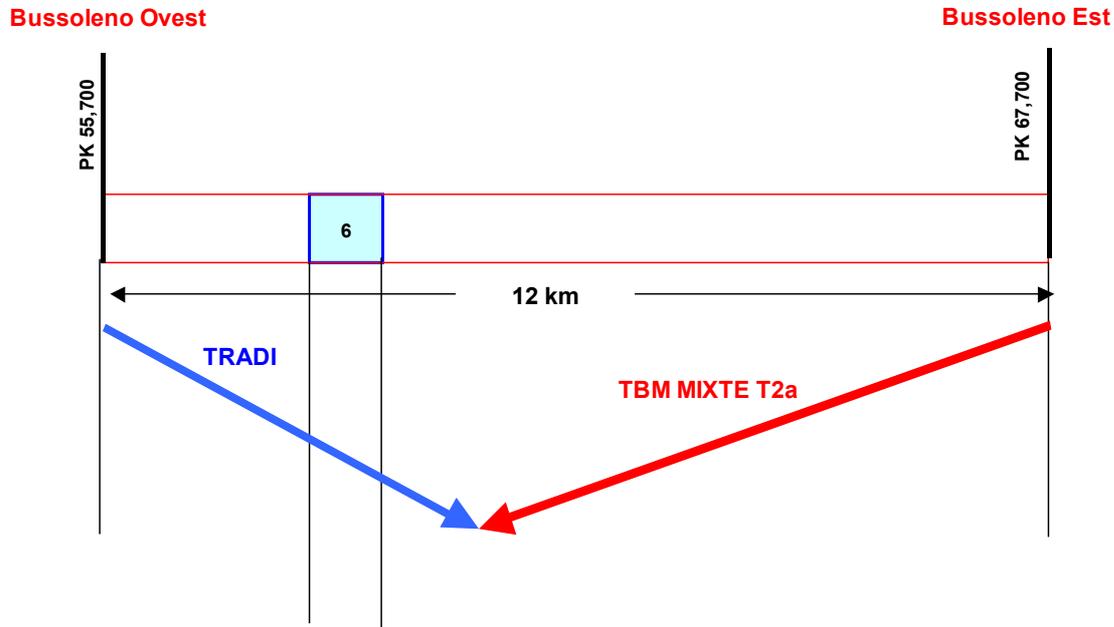
### Tabella riepilogativa

La

Scenario	Tratto a doppio binario	Finestra	Metodo di scavo				Tempo
			da Val Cenischia	da Bruzolo	da finestra località Foresto		(superiore)
					diriz. Francia	diriz. Italia	
E1	Si	no	t	m	No	no	5 a + 5 m
E2	Si	si	t	t	T	t	6 a
E3	Si	si	t	m	T	no	5 a + 3 m

finestra di Foresto risulta necessaria per motivi di sicurezza in esercizio e di ventilazione.

- Scenario E1 : scavo in tradizionale dal lato Ovest + scavo in meccanizzato dal lato Est



Nell'ambito dello scenario 1 si è ipotizzato quanto segue: Imbocco lato Francia in tradizionale e superamento sempre in tradizionale del tratto interessato dalle rocce verdi; contemporaneo imbocco lato Italia ed avanzamento con TBM mix-shield **T2a**.

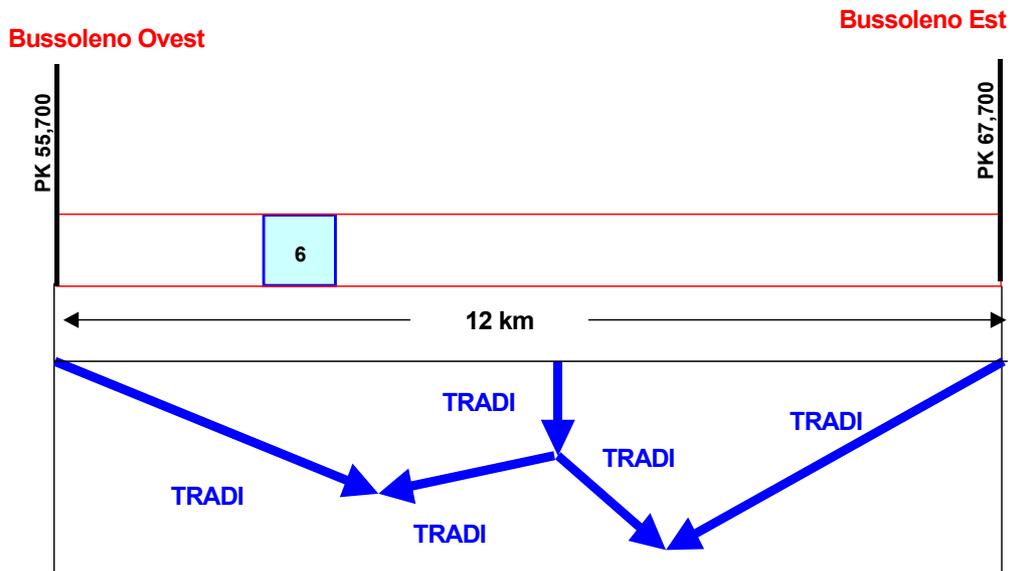
APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

Con tali ipotesi si è ottenuto un **tempo complessivo probabile** di realizzazione variabile da **5 anni e 1 mese a circa 5 anni e 5 mesi** in base alle ipotesi esaminate nell'allegato 1 (Fuori Rischi Maggiori). Tali risultati vengono riportati in dettaglio negli allegati 4 e 5.

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	Groupement TSE Lyon Turin
04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

- Scenario E2 : Scavo in tradizionale dal lato Ovest, dal Lato Est e dalla finestra di Foresto

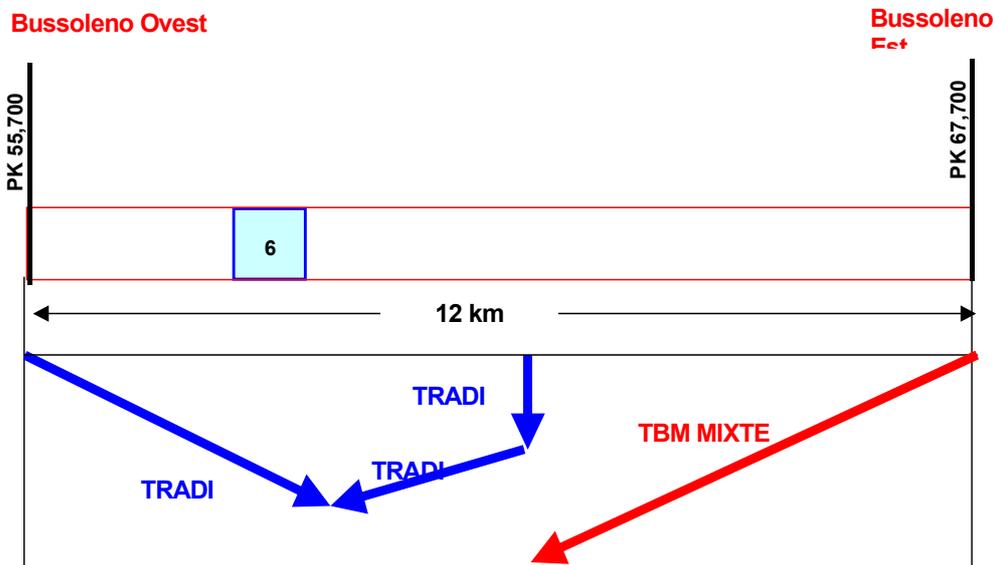
La finestra di Foresto risulta necessaria per motivi di sicurezza in esercizio e di ventilazione. In questo scenario si prevede la realizzazione della finestra contestualmente agli imbocchi della galleria e quindi il suo impiego come ulteriore fronte di scavo (15 mesi di realizzazione).



Lo scenario prevede il contemporaneo inizio dei lavori d'avanzamento in tradizionale dall'imbocco Ovest, dalla finestra di Foresto e dall'imbocco Est. Raggiunta con la finestra la progressiva d'innesto con la galleria di base inizio dei lavori d'avanzamento, sempre in tradizionale, verso l'imbocco Italia e verso l'imbocco Francia.

L'utilizzo della finestra di Foresto come fronte d'attacco porta ad un **tempo complessivo probabile** di realizzazione di circa **6 anni** in base alle ipotesi esaminate in allegato 1 (Fuori Rischi Maggiori). Tali risultati sono riportati in dettaglio negli allegati 4 e 5.

- Scenario E3 : Scavo in tradizionale dal lato Ovest e dalla finestra di Foresto verso la Francia e scavo in meccanizzato dal lato Est



Tale scenario prevede uno scavo tradizionale dal lato Ovest e dalla finestra Foresto in direzione Francia e contemporaneo imbocco lato Italia in meccanizzato con TBM mix-shield **T2a** fino al raggiungimento della zona di innesto della finestra.

Un attacco discendente col metodo tradizionale alla partenza da Foresto in direzione di Bruzzolo, permetterebbe di liberarsi di una parte dei rischi e di mettere al sicuro la scavatrice impegnata nell'attacco ascendente, in caso di problemi. Questo attacco non è necessario in termini di tempo, in quanto l'attacco ascendente con la scavatrice è sufficiente a rispettare il percorso critico della programmazione e inoltre il fatto di aggiungere un attacco a Foresto (anch'esso tradizionale) aumenta le difficoltà di gestione logistica al piede della discenderia : si dovrebbero in tal caso gestire 4 attacchi.

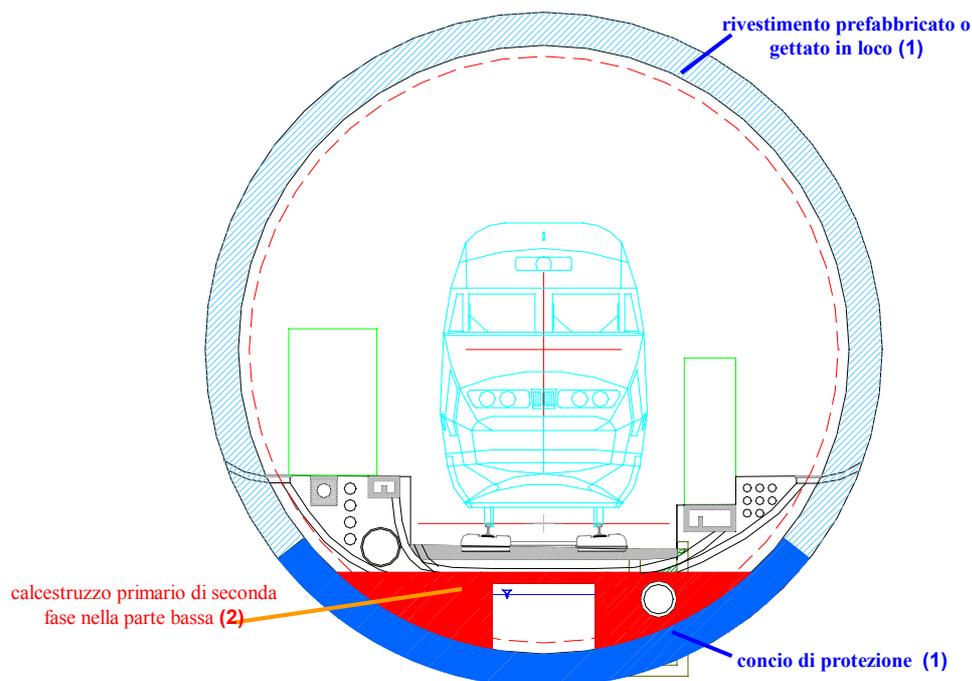
Con tali ipotesi si è ottenuto un **tempo complessivo probabile** di realizzazione variabile da circa **4 anni e 10 mesi a circa 5 anni e 3 mesi** in base alle ipotesi esaminate in allegato 1 (Fuori Rischi Maggiori). Tali risultati sono stati riportati in dettaglio negli allegati 4 e 5.

### 3.2.4. Rivestimento e calcestruzzi di seconda fase

#### 3.2.4.1. Rivestimento

Riassumendo si possono fissare i seguenti principi per ciascuna delle tratte :

- I rivestimenti prefabbricati (conci) vengono posti in opera durante l'avanzamento a tergo delle scavatrici che lo consentano (tipo 2 - 2a - 3 - 3a) (zona tratteggiata in blu chiaro),
- Il calcestruzzo gettato in loco viene ottenuto con l'aiuto di casseforme rotanti lunghe 10 metri a tergo del fronte o della macchina ad una distanza dell'ordine di 300 - 400 m (zona tratteggiata in azzurro)
- In caso di scavo meccanizzato, qualora si usi un rivestimento gettato in loco, si pone sistematicamente un concio di protezione (zona tratteggiata in azzurro scuro). Col metodo tradizionale il rivestimento di protezione viene gettato in loco.
- Il calcestruzzo primario di seconda fase nella parte bassa corrispondente ai collettori di drenaggio e di bonifica (zona tratteggiata in rosso) viene realizzato in avanzamento a tergo del back-up della macchina.



APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

NOTA : la scelta tra le scavatrici del tipo T3 (che possono posare dei conci se necessario) e T1 (TBM per roccia) è rimasta aperta per le tratte A e D in seguito alla riunione tra esperti di tunnel del 26/09.

Le tabelle che seguono forniscono le ipotesi di massima per le zone di posa del rivestimento prefabbricato.

<b>TTRATTA A</b> <b>7200 m</b>	Tipo di scavatrice	<b>T3a o T3</b>
	Tratto dei conci [m]	700 m (zona1) + 10% Rocce Frantumate per 6000 m ossia su 1500m circa
	Tratto di calcestruzzo gettato [m]	5900 m
	Impatto tempo del rivestimento	Il raggiungimento del rivestimento è incluso nei 4 mesi de finitura (*)

<b>TTRATTA B</b> <b>9550 m</b>	Tipo di scavatrice	<b>T1</b>
	Tratto di conci [m]	Non sono previsti conci a causa delle convergenze esistenti nel carbonifero, si lascia rinvenire il terreno durante 6 mesi
	Tratto di calcestruzzo gettato [m]	9550 m – dopo stabilizzazione del terreno
	Impatto tempo del rivestimento	1 mese supplementare per ricupero del rivestimento (**)

<b>TTRATTA C</b> <b>11 550 m</b>	Tipo di scavatrice	<b>T1</b>
	Tratto di conci [m]	Non sono previsti conci
	Tratto di calcestruzzo gettato [m]	11 550 m
	Impatto tempo del rivestimento	Il ricupero del rivestimento è incluso nei 4 mesi di finitura (*)

<b>TTRATTA D</b> <b>24 200 m</b>	Tipo di scavatrice	<b>T3 o T3a</b>
	Tratto di conci [m]	1400m (zona 5) + 10% Rocce frantumate per 22 800 m ossia circa 3500m
	Tratto di calcestruzzo gettato [m]	20 700 m
	Impatto tempo del rivestimento	Il ricupero del rivestimento è incluso nei 4 mesi di finitura (*)

<b>TTRATTA E</b> <b>12 000 m</b>	Tipo di scavatrice	<b>T2a o T3a</b>
	Tratto di conci [m]	2100m (zona 7) + 10% Rocce Frantumate per 4300 m ossia 2500m circa con la T2a, 6400m
	Tratto di calcestruzzo gettato [m]	9500m se T2a allora, 5600m
	Impatto tempo del rivestimento	La ripresa del rivestimento è inclusa nei 4 mesi di finitura (*)

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

(\*) Cfr. § III.2.4.2 e seguenti

(\*\*) Cfr. § III.2.3.2.2 descrizione degli scenari scelti per la tratta B

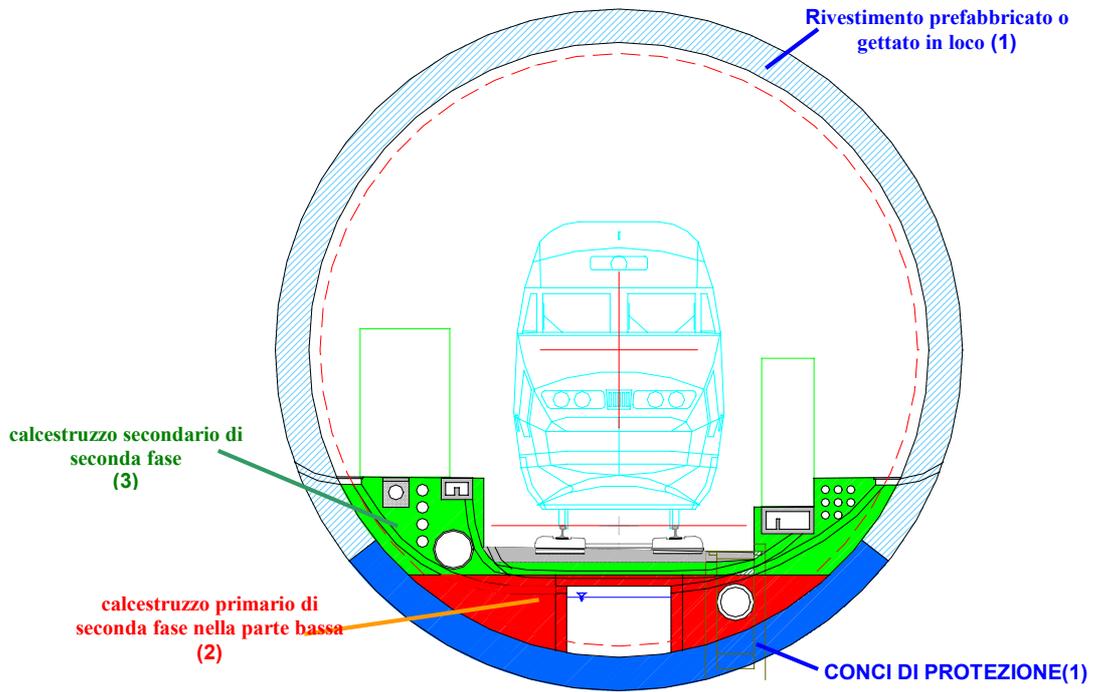
APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

### 3.2.4.2. Calcestruzzo di seconda fase - Finiture

Si ritiene che le finiture ed il calcestruzzo di seconda fase si distribuiscano nel modo seguente (cfr. schema qui appresso):

- Si prevede sistematicamente un tempo di **4 mesi** (POSTA 5 – allegato 1) per :
  - **Ripresa del rivestimento** (per esempio, sui 300m di lunghezza della scavatrice, prevedendo 2 casseforme di 10 metri ossia con una velocità di 40m/settimana, che corrisponde ad 8 settimane di tempo) **(1 – zona tratteggiata in azzurro )**,
  - Smontaggio della scavatrice
  - **Ripresa del calcestruzzo primario di seconda fase nella parte bassa (2-zona tratteggiata in rosso)** che comprende i collettori di drenaggio e di bonifica.
- l'insieme delle **finiture** ed il **calcestruzzo secondario** di seconda fase, corrispondente ai manicotti, ai condotti per cavi, al condotto per la guida antincendio, alla guaina di ventilazione..., possono essere realizzati con delle **casseforme scorrevoli in numero sufficiente** (ciascuna cassaforma avanza ad una velocità d'avanzamento di 50m/giorno, ossia di circa 1 km/mese) in un periodo di tempo di **3 mesi (3 -zona tratteggiata in verde)**.

Si ritiene che i lavori di attrezzatura possano essere avviati alla fine di questa fase.



APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

### 3.2.5. Zone di arrivo – Probabili - Possibili

La tabella qui appresso di *pagina 54A*, presenta la **sintesi dei risultati dei vari scenari studiati** per ciascuna tratta e permette di paragonare con facilità gli scenari fra loro.

Essa pone anche in evidenza l'aumento dell'incertezza sulla data di arrivo nei casi seguenti :

- un solo attacco per una tratta (ossia un tratto di terreno più lungo da percorrere)
- metodo meccanizzato in rapporto allo scavo in tradizionale (cfr. allegato 1 - §V)

La scelta dello scenario di riferimento per una tratta, si basa quindi anche su di un criterio di fattibilità, oltre che sul criterio del tempo e su quello dei metodi.

Gli scenari scelti e le ragioni di tali scelte, vengono riportati nella conclusione (*pagina 61*).

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

### 3.2.6. Opere accessorie realizzate in tempo non evidenziato [masqué, ndt]

Il progetto dei tunnel di base e di Bussoleno, comprende, oltre alla realizzazione dei tubi ferroviari, anche numerose **opere accessorie** (diramazioni, siti per interventi, locali tecnici, stazione di sicurezza a Modane...). La descrizione di tali opere è indicata nella nota n° **APS.2085.TSE3. PL.GX::GC::3317/ A** che riporta la sintesi delle necessità dei locali sotterranei presenti nei diversi lotti.

I **tempi ed i metodi di realizzazione** di tali opere sono illustrati qui appresso. Le opere accessorie sono qui riunite in gruppi di cantieri simili :

- le diramazioni
- le strutturazioni dei piedi di discenderia : siti di interventi + locali tecnici
- il caso particolare dei pozzi di Val Clarea et del sito di intervento di Venaus
- i pozzi di ventilazione di Avrieux
- la stazione di Modane : stazione di sicurezza con vie di stazionamento

L'insieme della riflessione presentata qui appresso si basa sul progetto del bitubo non in fase.

#### 3.2.6.1. Le Diramazioni

Vi sono tre tipi di diramazioni, le diramazioni dette « correnti », ogni 400 metri, le diramazioni per uso tecnico corrente ogni 1600 metri, e le diramazioni tecniche particolari ogni 6400 metri. Le loro caratteristiche sono descritte nella nota n° **APS.2085.TSE3. PL.GX::GC::3317/ A** e nelle mappe ad essa allegate.

##### Metodi di realizzazione :

Lunghezza di una diramazione : 30m

Cadenza di scavo per una diramazione (zona corrente): 2 m/giorno

Tempo di scavo di una diramazione :

2 inizi = 1 settimana circa (scavo + armatura)

Diramazione = 2 settimane circa

Rivestimento = 10 giorni circa (cassaforma di 10m composta da tre elementi )

Ossia **1 mese** circa per una diramazione

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

E' interessante realizzare i cantieri delle diramazioni in un tempo non evidenziato di scavo dei tunnel ferroviari. Una volta costruiti potranno essere utili al cantiere nel suo insieme per facilitarne la logistica (passaggio da un tubo all'altro..) e per garantirne la sicurezza. Le cadenze di scavo di cui si tiene conto nella pianificazione della realizzazione dei tubi ferroviari, integrano la limitazione provocata dalla realizzazione delle diramazioni in tempo mascherato.

Per i metodi di realizzazione delle diramazioni, possono presentarsi diversi casi :

- Scavo col metodo tradizionale o con una scavatrice con un rivestimento gettato in loco (tipo T1, T3 o T3a) :
  - o Lo scavo delle diramazioni ha luogo simultaneamente allo scavo dei tubi ferroviari, **prima** della messa in sito del rivestimento definitivo (in questo caso occorrerà prevedere la posa in opera di un portale metallico per permettere la loro messa in sito).
  - o Lo scavo delle diramazioni ha luogo **dopo** la messa in sito del rivestimento definitivo (che viene realizzato in avanzamento - cfr. §III.4). In questo caso occorrerà prevedere delle zone riservate nel rivestimento di dimensioni adeguate alle necessità delle diramazioni.
  
- Scavo con una **scavatrice** con posa di **rivestimento prefabbricato** (tipo T2, T2a, T3 o T3a) : i conci vengono posati in avanzamento a tergo della scavatrice. In questo caso occorrerà tagliare i conci degli anelli che interferiscano con le diramazioni prima di procedere al loro scavo. Si possono anche utilizzare degli anelli **di ghisa** o di acciaio, che sono più cari, ma sono di più facile smontaggio (necessità di avere una registrazione molto esatta per questa tecnica).

L'insieme dei cantieri delle diramazioni può essere programmato alla stregua di molti cantieri sequenziali, che potrebbero esistere durante i periodi di manutenzione delle scavatrici.

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

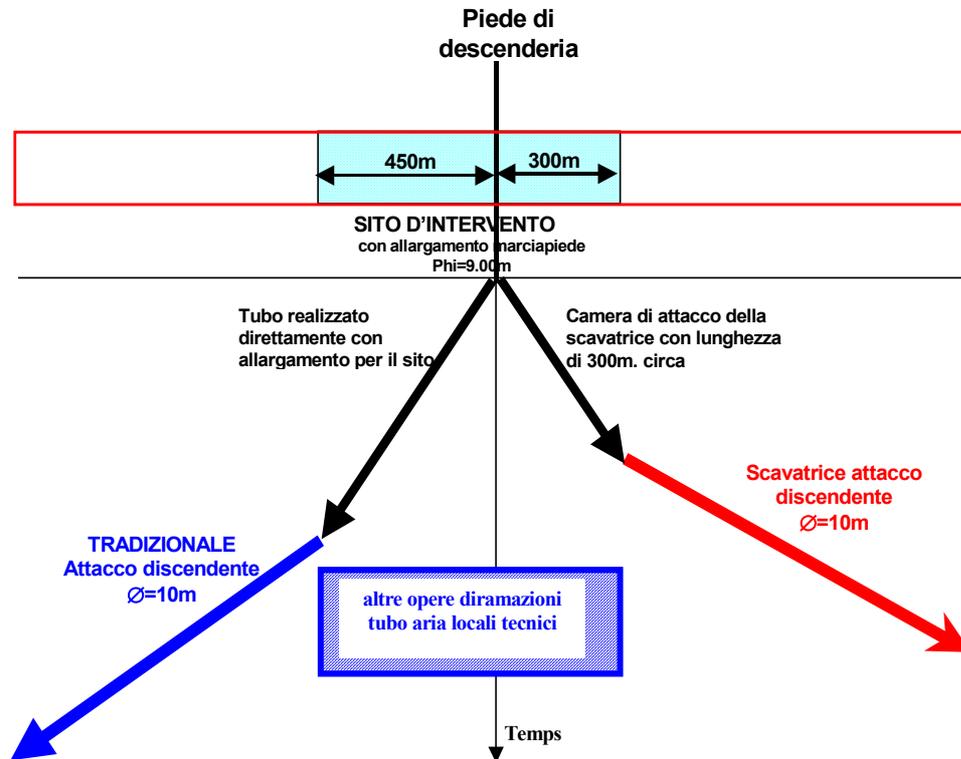
### 3.2.6.2. Strutturazione dei piedi di discenderia : St Martin – La Praz – Foresto

I principi delle funzionalità necessarie per un sito di intervento al piede di discenderia, vengono ricordati nella nota n° APS.2085.TSE2.PL.S:::XS. da 2007 a 2012. Le opere sotterranee (génio civile) che le compomgono vengono indicate in dettaglio nel capitolato delle mappe n° APS.2085.TSE3.PL...XXXX.GC .3405/ 0. I tubi ferroviari hanno un allargamento di marciapiede di 3 metri per il sito di intervento (lunghezza di 750m), il chè corrisponde ad un diametro interno di  $\varnothing_{int} = 9.50m$

I metodi di realizzazione dei tubi ferroviari decisi al livello delle discenderie di St Martin e di La Praz, sono i seguenti : attacco ascendente verso l’ovest realizzato con la scavatrice, attacco discendente verso l’est realizzato col metodo tradizionale.

Vorremmo ricordare che quando si realizza un attacco con la scavatrice, deve essere realizzata in precedenza una camera di attacco col **metodo tradizionale** per una lunghezza di **300m**. Il posizionamento del sito di intervento in relazione al piede della discenderia viene ottimizzato in funzione della lunghezza necessaria per la camera di avviamento della scavatrice , ossia 450 m a ovest e 300 m ad Est (cfr. schema di principio a pagina seguente).

La realizzazione delle altre opere che fanno parte di un sito di intervento (tubo di ventilazione, locali tecnici, diramazioni...) viene ottenuta in tempo mascherato di scavo dei tunnel ferroviari.



### Schema di principio dei metodi di costruzione di un campo di intervento

Il principio di realizzazione del **sito d'intervento di Foresto**, è simile. Per contro, i metodi di scavo scelti per i tunnel ferroviari non hanno bisogno di un attacco in direzione est, ed è preferibile posizionarli completamente ad Ovest, lato Francia, in modo da realizzare la tratta allargata di 750 metri di lunghezza col metodo tradizionale.

#### 3.2.6.3. Pozzo di ventilazione di Val Clarea e sito d'intervento nel tunnel lato Venaus del tunnel di base :

Le opere sotterranee che compongono il pozzo di Val Clarea ed il sito di intervento di Venaus (genio civile) vengono indicati in dettaglio nel capitolato mappe n° APS.2085.TSE3.PL.. PA::G::: **3132/ 0**.

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

La galleria di ricognizione di Venaus è stata già realizzata prima dell'avviamento del cantiere dei tunnel di base. La sua lunghezza è di 10 km e il suo diametro di scavo è di 6 metri. L'estremità ovest di questa galleria coincide con il posizionamento del sito di intervento di Venaus e con l'estremità del pozzo di Val Clarea.

#### Realizzazione del pozzo di Val Clarea :

L'apertura in superficie del pozzo di Val Clarea è situata in una zona di difficile accesso. Per tale motivo questo pozzo viene realizzato completamente risalendo verso la superficie a partire dall'estremità della galleria di Venaus. La marineria dei materiali di scavo viene effettuata attraverso la galleria di Venaus. Il pozzo ha una lunghezza di 5500 metri con una pendenza ..... %. Il ritmo di scavo è di circa 5 metri al giorno e la durata di tale scavo del pozzo è di circa tre anni e otto mesi.

#### Realizzazione del sito di intervento di Venaus

La realizzazione dell'insieme del sito di intervento (2 tubi ferroviari di 750 metri di lunghezza  $\varnothing=9.00m$  + altre opere) viene effettuata a partire dall'estremità della galleria di Venaus. L'avviamento della costruzione del sito di intervento viene fatto 10 mesi dopo il t0 dell'inizio delle programmazioni (data di aggiudicazione dei contratti), e viene terminato prima del passaggio delle scavatrici che partono da Venaus in direzione di Modane. Quando arriveranno al sito di intervento, verranno trasferite per 750 metri, allo scopo di riprendere lo scavo in direzione di Modane

#### **3.2.6.4. Pozzo di ventilazione di Avrieux**

Viene anche stabilito il modo di realizzazione del pozzo di ventilazione di Avrieux.

La realizzazione del pozzo comincia 10 mesi dopo il t0 di assegnazione dei contratti (mobilitazione dei mezzi). L'insieme dei cantieri che lo compongono ha una durata totale di 24 mesi.

#### **3.2.6.5. Opere della stazione di Modane**

Il principio delle funzionalità della stazione di Modane (stazione di sicurezza) viene descritto nella nota n° APS.2085.TSE2.PL.S:::XS. da 2007 a 2012. Le opere sotterranee (genio

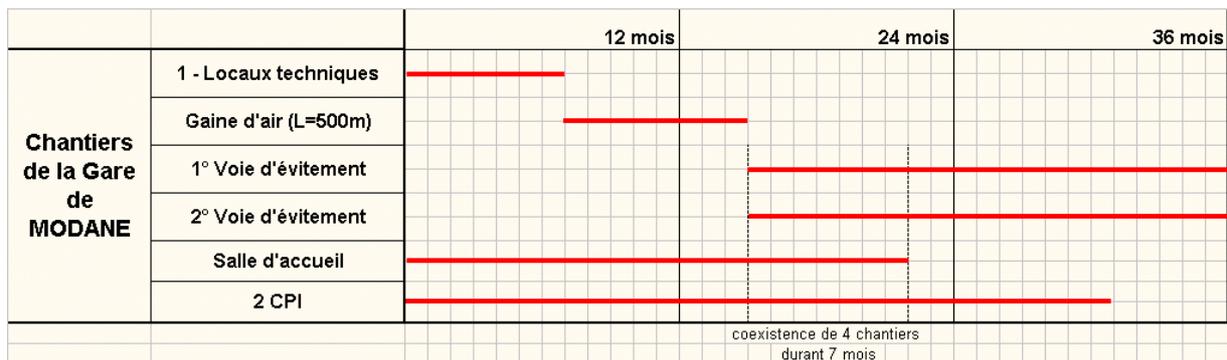
APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	Groupement TSE Lyon Turin
04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

civile) che la compongono sono indicate in dettaglio nel capitolato mappe n° APS.2085.TSE3.PL.GM::...XXXX.3318/ A.

La realizzazione della stazione di Modane inizia non appena sia stato completato il pozzo di ventilazione di Avrieux, allo scopo di poter garantire senza problemi la ventilazione necessaria per tutti i cantieri relativi alla stazione (coesistenza di 4 cantieri in parallelo durante 7 mesi). I modi e le durate della realizzazione dei vari cantieri (vie di stazionamento, locali tecnici, sala di accoglienza, vie di comunicazione Pari e Dispari, guaina aria..) vengono descritti nella nota n° APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3412 / O.

La durata totale della realizzazione della stazione è di 36 mesi.

t0 = messa in servizio del pozzo di ventilazione di Avrieux



### Tempi di realizzazione dei vari cantieri di Modane

I cantieri della stazione di Modane sono realizzati in modo da non peggiorare l'avanzamento dei cantieri di scavo dei tubi ferroviari (con scavatrice) in direzione di Venaus (tratta D il cui tempo di realizzazione risiede nel percorso critico dell'insieme del tunnel).

La camera di attacco delle scavatrici viene realizzata con metodo tradizionale su una lunghezza di **420m** a partire dal piede della discenderia di Modane in direzione Est al fine di realizzare direttamente i tubi con l'allargamento del marciapiede di diametro sufficiente ( $\varnothing_{int}=9.50m$ ) sulla destra della stazione di sicurezza, come per i siti di intervento.

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

## 4. Conclusioni

Per ciascuna tratta, tenendo conto dei risultati indicati nella pagina precedente (campo di arrivo pagina 54A) e delle programmazioni correlate in allegato 4, gli **scenari di riferimento** adottati per ciascuna tratta sono quindi:

- **Tratta A** : La particolarità della zona 1, "cono di deiezione di Saint Julien" condiziona il resto della esecuzione della tratta. Lo **scenario A3** propone un superamento di questa zona col metodo tradizionale e semplifica in tal modo la progettazione della scavatrice necessaria per il superamento dei terreni seguenti.
- **NOTA** : In questo caso, il tempo di realizzazione del genio civile è superiore a quello previsto per la tratta B : la consegna delle tratte non è più scaglionata, e l'ipotesi di privilegiare una logica di coordinamento compatibile con la messa in opera delle attrezzature non è più decisiva.
- Per quanto riguarda lo scenario **A2** (messa in sito di una scavatrice dall'avviamento della tratta), esso permette di ridurre il tempo di esecuzione di questa tratta di **5 mesi**, e di rispettare la logica di coordinamento delle tratte. La realizzazione di una **galleria di ricognizione** di 700m di lunghezza attraverso il cono di deiezione di Saint Julien permetterebbe di eliminare le incertezze residue (cfr. pagine 33-34).
- **Tratta B** : Lo **scenario B3** riduce al minimo i rischi del blocco di una scavatrice superando il carbonifero produttivo tettonico col metodo tradizionale. L'attacco discendente col metodo tradizionale alla partenza da la Praz, permette di rispettare la consegna scaglionata delle tratte.
- **Tratta C** : Viene scelto lo **scenario C2**. Resta attuale l'attacco col metodo tradizionale alla partenza da Modane, altrimenti il tempo di esecuzione di questa tratta sarebbe troppo lungo. E' in corso uno studio sulla posizione del piede della discenderia di La Praz : è previsto uno spostamento verso Est allo scopo di realizzare la tratta La Praz- Modane con la prospettiva di un solo attacco ascendente

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

alla partenza da La Praz . E' stata riportata in allegato 7 la programmazione correlata a tale variante con una nota esplicativa.

- **Tratta D** : E' stato scelto lo **scenario D2**. La realizzazione della via di stazionamento di un treno di soccorso sul lato di Venaus (Val Cenischia) richiede un avviamento con metodo tradizionale alla partenza da Venaus (costruzione di un tunnel a doppia via su 734 m). La cosa è del tutto compatibile col fatto che i terreni della zona 5 siano di qualità mediocre e permettano quindi la messa in atto di una scavatrice semplice di tipo T1 per attraversare il massiccio di Ambin.
- **Tratta E** : Viene scelto lo **scenario E3**. In effetti la messa in funzione di una scavatrice a confinamento nel cono di deiezione di Bruzzolo, è necessaria per non abbassare il livello della falda.

Data di consegna in loco delle scavatrici delle varie tratte :

	scenario scelto	Tipo di scavatrice	Data consegna sul posto Delle scavatrici
<b>Tratta A</b>	Scenario A3	T1 ou T3	<b>t0 + 29 mesi</b>
<b>Tratta B</b>	Scenario B3	T1	<b>t0 + 27 mesi</b>
<b>Tratta C</b>	Scenario C2	T1	<b>t0 + 22 mesi</b>
<b>Tratta D</b>	Scenario D2	Modane : T1 ou T3	<b>t0 + 24 mesi</b>
		Venaus : T1	<b>t0 + 32 mesi</b>
<b>Tratta E</b>	Scenario E3	T2a	<b>t0 + 19 mesi</b>

Il tempo globale di realizzazione del genio civile primario comprendente i rischi meccanici maggiori è di **6 anni + 4 mesi**. Seguono i termini di realizzazione del genio civile primario di ciascuna tratta :

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

<b>Tronçon A</b>	Portail Ouest - Saint Martin	L = 7,4 km	<b>Scénario A3</b>	<b>5 ans</b>
<b>Tronçon B</b>	Saint Martin - La Praz	L = 9,55 km	<b>Scénario B3</b>	<b>4 ans et 10 mois</b>
<b>Tronçon C</b>	La Praz - Modane	L = 11,55 km	<b>Scénario C2</b>	<b>5 ans et 3 mois</b>
<b>Tronçon D</b>	Modane - Venaus	L = 24,2 km	<b>Scénario D2</b>	<b>6 ans et 4 mois</b>
<b>Tronçon E</b>	Val Ceniscia - Bruzzolo	L = 12 km	<b>Scénario E3</b>	<b>5 ans et 5 mois</b>

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 /D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
ANNEXE 1 - 04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

## ALLEGATO 1 :

# SCHEDA DI GIUSTIFICAZIONE DEI TEMPI DI ESECUZIONE

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 /D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
ANNEXE 1 - 04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

## INDICE

<b>I.</b>	<b>SCOMPOSIZIONE IN STADI.....</b>	<b>3</b>
<b>II.</b>	<b>STADIO 0 : MOBILITAZIONE DELLE RISORSE.....</b>	<b>5</b>
<b>III.</b>	<b>STADIO 1 : INSTALLAZIONE DEL CANTIERE E FABBRICAZIONE DELLE FRESE .....</b>	<b>5</b>
III.1.	CANTIERE CON IL METODO TRADIZIONALE : .....	5
III.2.	CANTIERE CON FRESA : .....	5
<b>IV.</b>	<b>STADIO 2: MESSA A REGIME.....</b>	<b>6</b>
<b>V.</b>	<b>STADIO 3: TEMPO DI SCAVO ALLA VELOCITA' DI CROCIERA.....</b>	<b>6</b>
V.1.	CASO DI UTILIZZO DELLA FRESA : .....	6
V.2.	CASO DI UTILIZZO DEL METODO TRADIZIONALE : .....	8
<b>VI.</b>	<b>STADIO 4 : ATTRAVERSAMENTO DI INCONVENIENTI GEOLOGICI.....</b>	<b>10</b>
<b>VII.</b>	<b>STADIO 5: FINITURA DELLE OPERE DI INGEGNERIA CIVILE.....</b>	<b>11</b>
<b>VIII.</b>	<b>MARGINE PER GRANDI IMPREVISTI:.....</b>	<b>12</b>
	<b>SCHEDE PER IL REGIME con FRESA Ø = 10 m .....</b>	<b>13</b>
	<b>REGIMI secondo il metodo TRADIZIONALE.....</b>	<b>14</b>
	<b>VELOCITA' DI REALIZZAZIONE DEI TRATTI A DOPPIO BINARIO .....</b>	<b>16</b>
	<b>REGIMI DI ESECUZIONE DEL BY-PASS con il metodo TRADIZIONALE(attraversamento delle Pietre Verdi).....</b>	<b>17</b>

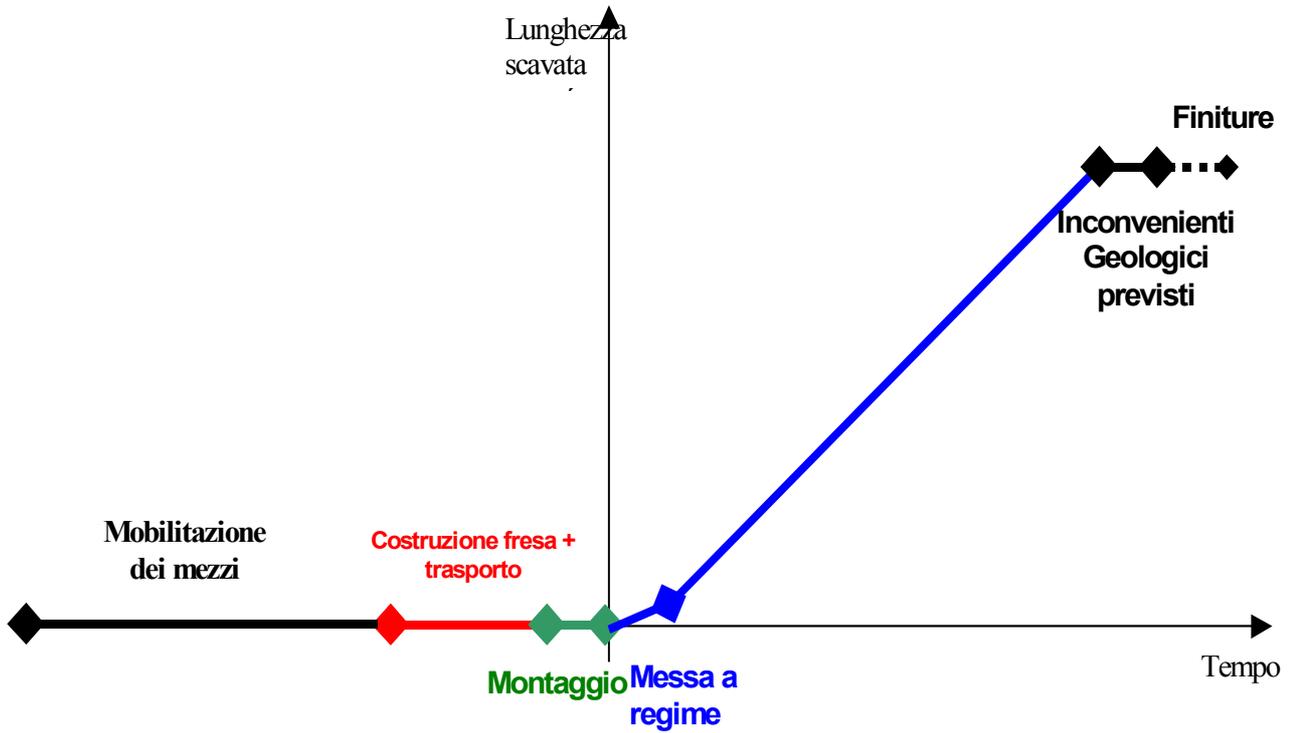
APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 /D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
ANNEXE 1 - 04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

## I. SCOMPOSIZIONE IN STADI

Il tempo di **realizzazione delle opere di ingegneria civile delle gallerie** si può scomporre in cinque stadi principali che sono:

- **STADIO 0 :** tempo di **mobilitazione delle risorse**, (mobilitazione del personale, mobilitazione del materiale, studi preliminari...).
- **STADIO 1 :** tempo di **installazione del cantiere e di fabbricazione delle frese** (costruzione, trasporto e assemblaggio della fresa, installazione del cantiere, preparazione dei punti di attacco con la fresa o con il metodo tradizionale),
- **STADIO 2 :** tempo per la **messa a regime** (fase di regolazione e di apprendimento della conduzione della macchina),
- **STADIO 3 :** tempo di **perforazione alla velocità di crociera**, fatta eccezione per le zone con inconvenienti, che include gli imprevisti minori quali le variazioni geologiche o i piccoli guasti di natura meccanica,
- **STADIO 4 :** tempo di **attraversamento delle zone geologiche che si prevede causeranno inconvenienti**,
- **STADIO 5 :** Questo stadio non si applica al **programma di riferimento**. E' il tempo di **finitura delle opere civili** al termine della fase di perforazione. Questo tempo è necessario per potere smontare le frese, per raccordare e rifinire il rivestimento, per finire la realizzazione delle opere secondarie (banchine, cunette,...) e degli ultimi rami.

Oltre a questo tempo « normale », può essere preso in considerazione anche un **tempo supplementare per grandi imprevisti** (inconvenienti geologici non previsti « AMG », grandi inconvenienti meccanici « AMM »). Le tabelle dei risultati includono i margini per grandi imprevisti di natura meccanica e geologica.



Esempio di scomposizione del tempo di realizzazione delle opere di ingegneria civile in 5 stadi tenuto conto dello scavo con fresa (Esclusi i Grandi Imprevisti)

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 /D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
ANNEXE 1 - 04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

## II. STADIO 0 : MOBILITAZIONE DELLE RISORSE

Si considera che  $t_0$ , **data di assegnazione dei contratti**, è anche il punto di partenza dei programmi di lavoro (inizio dello stadio 0).

Questo stadio ha una durata di **10 mesi**, e vale sia per i cantieri realizzati con il metodo tradizionale che per quelli realizzati con la fresa. Esso corrisponde al tempo necessario per mobilitare le risorse in termini di personale e di materiale, per realizzare i necessari studi preliminari e per avviare i lavori preventivi.

## III. STADIO 1 : INSTALLAZIONE DEL CANTIERE E FABBRICAZIONE DELLE FRESE

### III.1. CANTIERE CON IL METODO TRADIZIONALE :

- **6 mesi** per l'installazione del cantiere e la preparazione dei punti di attacco tenuto conto della complessità di realizzazione dei punti di attacco.

### III.2. CANTIERE CON FRESA :

- Durante il periodo di costruzione della fresa si effettua l'installazione del cantiere, la preparazione dei punti di attacco e la messa in opera delle installazioni specifiche e necessarie al funzionamento delle frese.
- In caso di un attacco meccanizzato, possono essere eseguiti con anticipo, durante lo stadio 0, gli studi per definire le macchine più complesse, qualora non fossero già disponibili.

#### a) Alle estremità delle gallerie (imbocchi est ed ovest) :

- **9 mesi** per la costruzione e il trasporto della fresa,
- **2 mesi** per il montaggio della stessa (all'aperto)

#### b) Al piede della discenderia : si inizia lo scavo con attacco tradizionale per circa 300 m di lunghezza allo scopo di realizzare la **camera di partenza dello scavo con fresa** i cui

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 /D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
ANNEXE 1 - 04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

ultimi 30 metri corrispondono alla **camera di montaggio** della fresa (sezione allargata con dimensioni : 30 x 13 x 13 metri).

- **6 mesi** per l'installazione del cantiere per lo scavo con il metodo tradizionale
- **6 mesi** per lo scavo della camera di attacco e della camera di montaggio della fresa
- **4 mesi** per il montaggio al piede della discenderia (all'interno di una camera apposita)

#### IV. STADIO 2: MESSA A REGIME

Se si tratta di un cantiere eseguito con il metodo **tradizionale**, questo stadio non esiste.

Nel caso di un cantiere eseguito con **fresa**, si considera un tempo forfettario per la messa a regime pari a **2 mesi** durante i quali la velocità di perforazione è **ridotta alla metà** rispetto alla velocità nominale prevista.

#### V. STADIO 3: TEMPO DI SCAVO ALLA VELOCITÀ' DI CROCIERA

##### V.1. CASO DI UTILIZZO DELLA FRESA :

La velocità di avanzamento della fresa dipende da vari fattori tra i quali :

- Qualità dei terreni (stabilità, durezza, abrasività, fratturazione, venute d'acqua),
- Natura delle operazioni da effettuare quando si entra nella parte critica dell'opera (quantità di sostegno, realizzazione del rivestimento differito o meno),

*I due punti che precedono ci obbligano a **suddividere i terreni in categorie** (buoni, medi, mediocri)*

- l'adeguamento terreno - macchina (funzione dell'eterogeneità dei terreni, dell'affidabilità dei dati sul suolo, della qualità e del loro utilizzo da parte del costruttore della fresa),

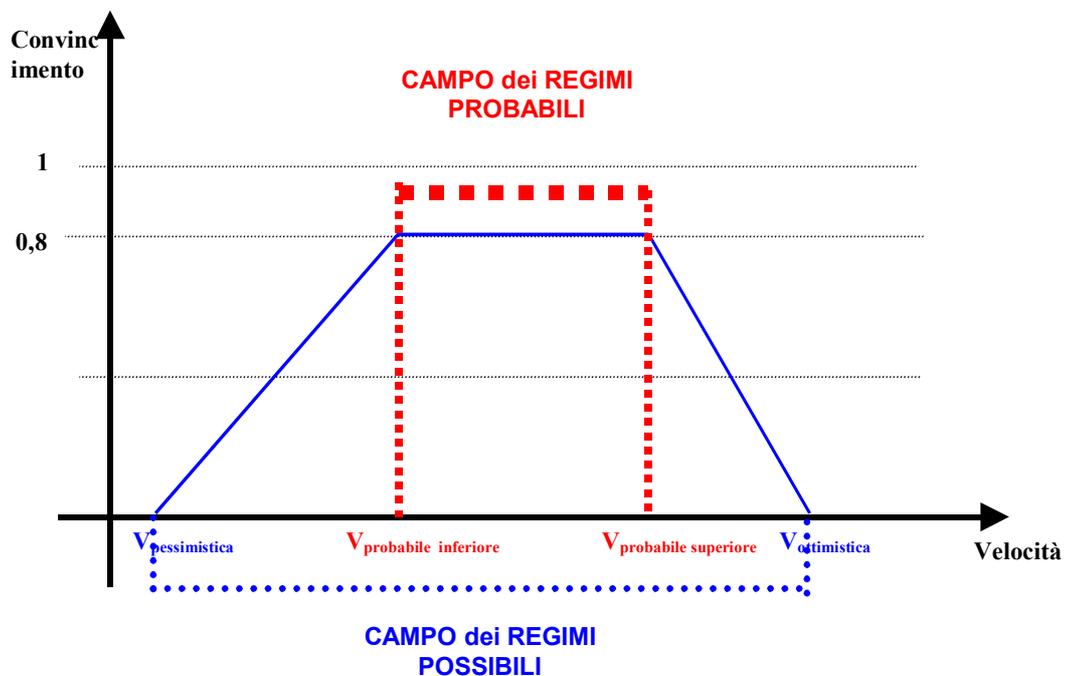
APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 /D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
ANNEXE 1 - 04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

- la precisione nella progettazione della macchina, l'affidabilità delle sue parti costituenti, la riserva di capacità di cui si è tenuto conto nella fase di dimensionamento,
- i fattori umani : competenza delle squadre di lavoro, difficoltà dell'ambiente di lavoro (calore, intasamenti)
- l'organizzazione del lavoro, la logistica (effetto lunghezza), l'efficacia delle procedure di conduzione della macchina, la gestione della manutenzione ...

*Questi diversi punti ci portano a ragionare in termini di campo di velocità piuttosto che considerare una sola velocità di riferimento (\*).*

In questo senso, si distingue :

- campo dei **regimi probabili** definisce un livello di certezza elevato (convincimento pari a 0,8), peraltro senza una garanzia assoluta.
- Campo dei **regimi possibili** che corrisponde alla certezza di coprire quasi la totalità delle situazioni che si possono incontrare sul terreno. I valori di questo campo sono limitati dalle **velocità pessimistiche** e dalle **velocità ottimistiche**. La percentuale di convincimento di potere ottenere questi regimi diminuisce fino ai valori estremi dei regimi pessimisti e ottimisti.

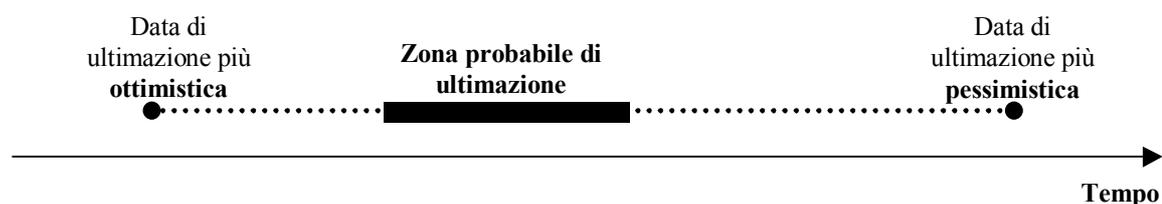


(\*) si veda La gestione della costruzione della galleria in un sito urbano – Stima dei tempi » ; Y. Diab, D. Morand, A.S Zeidan ; Giornate di studi internazionali di Parigi - AFTES - 25 e 28 ottobre 1999.

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 /D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	Groupement TSE Lyon Turin
ANNEXE 1 - 04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

I regimi indicati nelle tabelle valgono per macchine che funzionano 7 giorni su 7 - ivi incluse le esplorazioni durante la fase di avanzamento e le operazioni di manutenzione - per 330 giorni all'anno, ossia per 6 giorni di produzione e 1 giorno di manutenzione alla settimana. Questi dati derivano dall'esperienza di vari esperti del consorzio.

La valutazione della data di ultimazione di una tratta di galleria si può dunque presentare nel seguente modo :



Questi regimi sono ridefiniti per ogni tipo di terreno in base alla classificazione BUONO - MEDIO - CATTIVO (vedi Scheda "REGIME DELLA FRESA " pagina 11)

## V.2. CASO DI UTILIZZO DEL METODO TRADIZIONALE :

La classificazione dei terreni in BUONO - MEDIO - CATTIVO la si ottiene partendo dalla suddivisione percentuale delle varie sezioni tipo relative a tratte con comportamento omogeneo.

Per ogni sezione tipo definita in funzione del comportamento del fronte di taglio (Fronte stabile, Fronte stabile a breve termine, Fronte instabile) è nota la velocità di avanzamento in metri/giorno. La loro ripartizione dà il **regime probabile** per un dato tipo di terreno.

I regimi pessimistici e ottimistici si ottengono diminuendo e aumentando, rispettivamente, del 15% il regime probabile.

NB : Per quanto riguarda la classificazione dei terreni, la classificazione sulla quale ci siamo basati per la Galleria di base è quella stabilita da Alpetunnel e Bonnard e Gardel (RMR , AFTES). Invece, per la galleria di Bussoleno, i suoli sono stati riclassificati ricorrendo ai metodi di ADECO-RS.

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 /D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
ANNEXE 1 - 04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

I regimi indicati nelle tabelle valgono per macchine che funzionano 7 giorni su 7, ivi incluse le esplorazioni in fase di avanzamento e le operazioni di manutenzione, sulla base di 330 giorni all'anno. Questi dati derivano dall'esperienza di vari esperti del consorzio.

La valutazione della data di ultimazione della tratta viene qui rappresentata nel seguente modo :



Questi regimi si trovano ricapitolati nella scheda "REGIME TRADIZIONALE" alle pagine 12 e 13.

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 /D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	Groupement TSE Lyon Turin
ANNEXE 1 - 04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

## VI. STADIO 4 : ATTRAVERSAMENTO DI INCONVENIENTI GEOLOGICI

Bonnard e Gardel hanno previsto un certo numero di inconvenienti geologici che sono stati classificati in 4 categorie :

- A** *Venute d'acqua da fessure estremamente localizzate*
- B** *Zona fratturata con forti venute d'acqua*
- C** *Zona di miloniti o cataclasiti*
- D** *Zona carsica*

Questi inconvenienti sono stati caratterizzati in maniera più precisa allo scopo di determinarne il costo (Stime del genio civile per le Gallerie di Base e di Bussoleno - luglio 2000 - di Alpetunnel). Tenuto conto di questo studio risulta che :

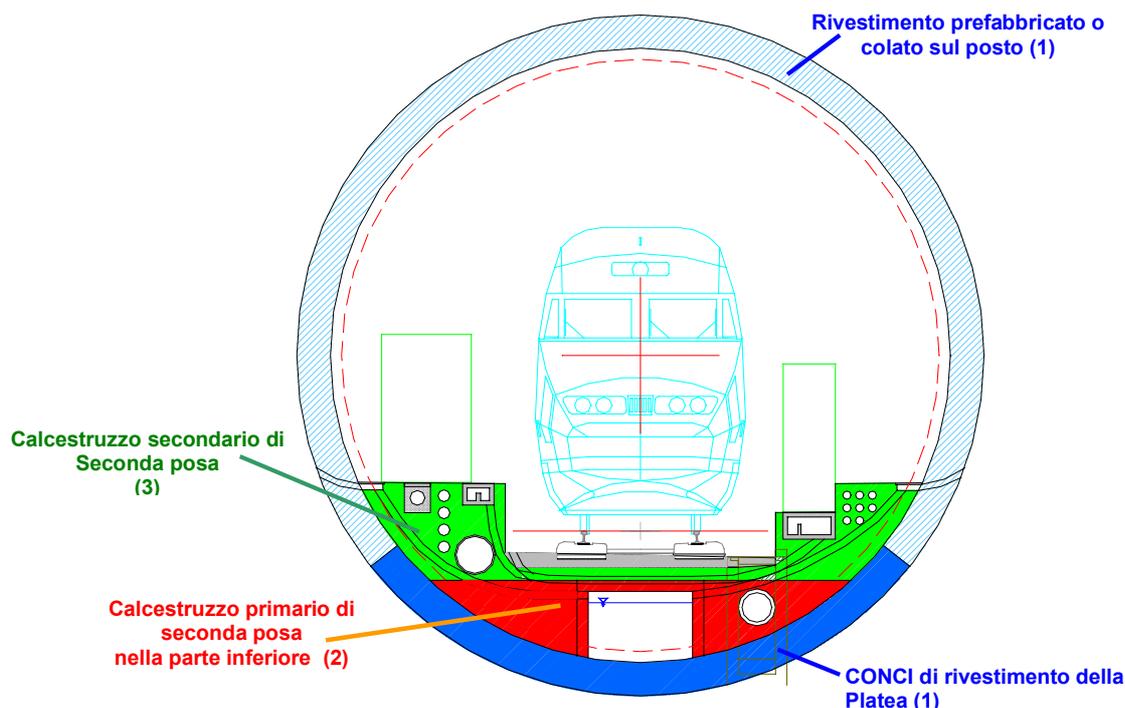
- Gli inconvenienti di tipo A « *Venute d'acqua da fessure estremamente localizzate* » sono già compresi nei regimi di scavo indicati, e rappresentano imprevisti di minore entità.
- Gli inconvenienti di tipo B « *Zona fratturata con forti venute d'acqua* », di tipo C « *Zona di miloniti o cataclasiti* », e di tipo D « *Zona carsica* », implicano un tempo supplementare di **1 mese** in media per superare l'inconveniente.
- Gli inconvenienti che si verificano sul tracciato delle gallerie di esplorazione sono considerati come riconosciuti e trattati già in anticipo. Il loro impatto sulla velocità di progressione si considera ridotto alla metà.

		Numero di inconvenienti per tratta				
		Tratta A	Tratta B	Tratta C	Tratta D	Tratta E
<b>1 mese</b>	inconveniente di tipo <b>B</b>	1	-	2	2	4
	inconveniente di tipo <b>C</b>	1	-	-	2	1
	inconveniente di tipo <b>D</b>	2	-	-	2	5
Inconvenienti sul tracciato della galleria di riconoscimento $\frac{1}{2}$ mesi		2	-	-	4	-
<b>Impatto degli inconvenienti previsti sul TEMPO TOTALE (mesi)</b>		<b>3 mesi</b>	<b>0 mesi</b>	<b>2 mesi</b>	<b>4 mesi</b>	<b>10 mesi</b>

## VII. STADIO 5: FINITURA DELLE OPERE DI INGEGNERIA CIVILE

Si stima che le finiture e il calcestruzzo di seconda posa si ripartiscono nel seguente modo (si veda lo schema a pagina seguente):

- si considera sistematicamente un tempo di **4 mesi** (STADIO 5 - allegato 1) per :
  - **recupero del rivestimento** (per esempio, sui 300m di lunghezza della fresa considerando 2 casseforme da 10 m, ossia con una velocità di 20 m/settimana questo corrisponde a un tempo di 8 settimane)
  - **smontaggio della fresa**
  - **calcestruzzo primario di seconda posa nella parte inferiore (2 - zona tratteggiata in rosso)** che comprende i collettori per il drenaggio e il trattamento delle acque reflue
- l'insieme delle **finiture** e del **calcestruzzo secondario** di seconda posa relativo agli spessori, alle cunette per i cavi, cunette per il condotto antincendio, il condotto di ventilazione..., si possono eseguire con **un numero sufficiente di casseforme che scivolano** (e ogni cassaforma avanza con una velocità di progressione di 50 m/giorno ossia di 1 km/mese circa) per un tempo di **3 mesi (3 - zona tratteggiata in verde)**. Si ritiene che i lavori di sistemazione delle attrezzature possono iniziare al termine di questa fase.



APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 /D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	Groupement TSE Lyon Turin
ANNEXE 1 - 04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

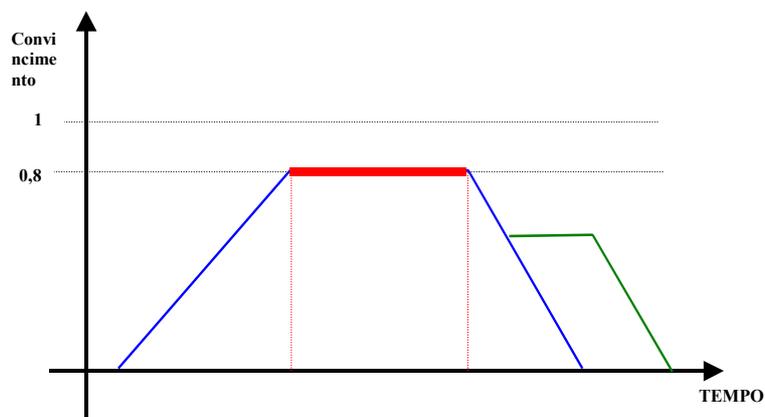
## VIII. MARGINE PER GRANDI IMPREVISTI:

Si distinguono 2 tipi di grandi imprevisti : i **grandi imprevisti di natura meccanica (AMM)** e i **grandi imprevisti di natura geotecnica (AMG)**.

Si rammenta che i risultati che includono i margini per i grandi imprevisti sono riportati nella seconda tabella dei risultati nel rapporto principale.

- Per quanto concerne i **grandi imprevisti di natura meccanica** è auspicabile che sia previsto un ulteriore margine di circa 2 mesi ogni 10 km scavati dalla stessa fresa, in modo da coprire l'incidenza di un guasto importante. Si può ritenere che questa incidenza è proporzionale al numero di chilometri percorsi dalla stessa macchina; pertanto, al tempo globale di perforazione per tratta (indipendentemente dal regime ipotizzato) si aggiunge un margine di **2 mesi per ogni 10 chilometri** percorsi dalla stessa macchina alla rispettiva percentuale di distanza percorsa.
- I **grandi imprevisti di natura geologici** si andrebbero a sommare agli inconvenienti previsti (stadio 4) e agli imprevisti minori (stadi 3 e 5) : non è possibile escluderli tenuto conto della lunghezza della galleria perforata. Si stima che l'impatto di questo grande imprevisto sarebbe dell'ordine di : 6 mesi di ritardo, qualora la tratta comportasse un solo punto di attacco, e di 3 mesi di ritardo qualora i punti di attacco della tratta fossero due.

Tenendo presente l'analisi che precede, si ritiene che il convincimento di incontrare un imprevisto di questo tipo sia inferiore a 0,8. Stando così le cose, questo inconveniente influenzerebbe solo il ritardo di esecuzione che si avrebbe con quei regimi che sono compresi tra le velocità probabili e le velocità pessimistiche.



APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 /D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
ANNEXE 1 - 04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

## SCHEDA PER IL REGIME con FRESA $\varnothing = 10$ m

### 1) STADIO 1 :

Tempo di costruzione : **9 mesi**  
Tempo di Assemblaggio : **2 mesi** (superficie) o **4 mesi** (piede della discenderia)

### 2) STADIO 2 :

Tempo per la messa a regime : **2 mesi**

### 3) STADIO 3 : Scavo

<b>Zona corrente - TERRENI BUONI</b> (es : Calcari non carsici)		
Regime Pessimistico m/anno	Campo dei Regimi Probabili M/anno	Regime Ottimistico m/anno
<b>2830</b>	<b>3960 – 5100</b>	<b>7080</b>
<b>Zona corrente - TERRENI MEDI</b> (es : Quarziti)		
<b>1980</b>	<b>2830 – 3680</b>	<b>5100</b>
<b>Zona corrente - TERRENI CATTIVI</b> (instabili)		
<b>1560</b>	<b>1980 – 2400</b>	<b>3400</b>

**NB 1:** Quando la fresa attraversa lo stesso terreno su una lunghezza lineare, si ritiene che il rendimento delle attrezzature sia quello ottimale, e questo si traduce in un **aumento del regime pari al 15 %**. E' questo il caso della galleria di base in due situazioni :

- Attraversamento dei **micascisti** sotto il massiccio d'Ambin (**12 150 m**) classificati come **TERRENI BUONI**

Regime Pessimistico m/anno	Campo dei Regimi Probabili M/anno	Regime Ottimistico m/anno
<b>3250</b>	<b>4550 - 5860</b>	<b>8100</b>

- Attraversamento dell'**Houiller Sterile** per (**11 450 m**) classificati come **TERRENI MEDI**

<b>2280</b>	<b>3250 - 4230</b>	<b>5860</b>
-------------	--------------------	-------------

**NB 2:** Nelle **Quarziti**, per via della loro abrasività, si considera una **diminuzione del 15%** del regime:

<b>1680</b>	<b>2400 - 3130</b>	<b>4330</b>
-------------	--------------------	-------------

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 /D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	Groupement TSE Lyon Turin
ANNEXE 1 - 04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

## REGIMI secondo il metodo TRADIZIONALE

### 1) STADIO 1 :

Tempo di costruzione : **0 mesi**  
Tempo di Assemblaggio : **0 mesi**  
Tempo di installazione del cantiere e preparazione dell'imbocco : **6 mesi**

### 2) STADIO 2 :

Tempo di messa a regime : **0 mesi**

### 3) STADIO 3 : Scavo della galleria

- Regimi di scavo per ciascuna sezione tipo in [m/giorno]:

<b>Categoria di comportamento – Fronte stabile</b> (es : Marmi dolomitici – Micascisti, Gneiss)	
Sezione tipo	<b>Regimi Probabili</b> m/giorno
<b>BP + eventuale bullonatura</b>	<b>6</b>
<b>Categoria di comportamento – Fronte stabile a breve termine</b> (es : Calcescisti)	
Sezione tipo	<b>Regimi Probabili</b> m/giorno
<b>BP + Bullonatura sistematica</b>	<b>5</b>
<b>BP + centine pesanti</b>	<b>3.6</b>
<b>BP + Centine + Bullonatura sul fronte di taglio</b>	<b>2</b>
<b>BP + Centine + volta a ombrello</b>	<b>1.5</b>
<b>Categoria di comportamento – Fronte instabile</b> (es : Pietre Verdi - Detriti)	
Sezione tipo	<b>Regimi Probabili</b> m/giorno
<b>BP + Centine + Bullonatura sul fronte di taglio + volta a ombrello</b>	<b>1.2</b>
<b>BP + Centine + Bullonatura sul fronte di taglio + corona di jet o iniezioni di consolidamento</b>	<b>1.2</b>

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 /D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
ANNEXE 1 - 04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

- Regimi di scavo con il metodo TRADIZIONALE ricavati dalla suddivisione delle sezioni tipo lungo la galleria in [m/anno]:

<b>Zona corrente - TERRENI BUONI</b>		
Regime Pessimistico m/anno	Regimi Probabili m/anno	Regime Ottimistico m/anno
1320	1550	1780
<b>Zona corrente - TERRENI MEDI</b>		
Regime Pessimistico m/anno	Regimi Probabili m/anno	Regime Ottimistico m/anno
1100	1290	1480
<b>Zona corrente - TERRENI CATTIVI</b>		
Regime Pessimistico m/anno	Regimi Probabili m/anno	Regime Ottimistico m/anno
530	630	720
480	560	650
340	400	460

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 /D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
ANNEXE 1 - 04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

## VELOCITA' DI REALIZZAZIONE DEI TRATTI A DOPPIO BINARIO

**1) STADIO 1 :**

Non applicabile

**2) STADIO 2 :**

Non applicabile

**3) STADIO 3 : Scavo**

- Regime di scavo con il metodo TRADIZIONALE per la galleria a doppio binario [m/anno]:

<b>Zona corrente - TERRENI BUONI</b>		
Regime <b>Pessimistico</b> m/anno	Regime <b>Probabile</b> m/anno	Regime <b>Ottimistico</b> m/anno
<b>560</b>	<b>660</b>	<b>760</b>

- Regime di scavo con il metodo TRADIZIONALE per la galleria allargata a doppio binario [m/anno]:

<b>Zona corrente - TERRENI BUONI</b>		
Regime <b>Pessimistico</b> m/anno	Regime <b>Probabile</b> m/anno	Regime <b>Ottimistico</b> m/anno
<b>980</b>	<b>1155</b>	<b>1330</b>

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 /D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
ANNEXE 1 - 04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

## REGIMI DI ESECUZIONE DEL BY-PASS con il metodo TRADIZIONALE (attraversamento delle Pietre Verdi)

**1) STADIO 1 :**

Tempi di installazione cantiere in galleria per scavo tradizionale : **1 mese**

**2) STADIO 2 : Non applicabile**

**3) STADIO 3 : Scavo**

- Regime di scavo con il metodo TRADIZIONALE della galleria di by-pass lunga 500m [m/anno]:

<b>Zona attuale - TERRENI MEDI</b>		
Regime Pessimistico m/anno	Regime Probabile m/anno	Regime Ottimistico m/anno
<b>1100</b>	<b>1290</b>	<b>1480</b>
<b>Zona corrente - TERRENI CATTIVI</b>		
Regime Pessimistico m/anno	Regime Probabile m/anno	Regime Ottimistico m/anno
<b>530</b>	<b>630</b>	<b>720</b>

Nella realtà, i terreni che sono attraversati dalla galleria di by-pass sono formati da :

- 150 m di terreni MEDI
- 350 m di terreni CATTIVI

Il tempo necessario per scavare il by-pass è di circa **8 mesi**

La durata del passaggio della fresa all'interno del by-pass e della messa in opera del rivestimento definitivo è stimato in **1 mese**

**Pertanto il tempo TOTALE per la costruzione del By-Pass è di circa 10 mesi**

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
ANNEXE 2 - 04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

## ALLEGATO 2 :

# SCHEDA DEI POSSIBILI METODI DI ESECUZIONE

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
ANNEXE 2 - 04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

## INDICE

<b>I.</b>	<b>SCAVO CON SISTEMA MECCANIZZATO.....</b>	<b>3</b>
I.1.	TIPDI FRESE PREVISTE PER IL PROGETTO : .....	3
I.1.1.	<i>Tipo 1 : TBM per Roccia Dura</i> .....	4
I.1.2.	<i>TIPO 1a : Fresa Rialesatrice</i> .....	4
I.1.3.	<i>Tipo 2: Fresa con appoggio longitudinale</i> .....	5
I.1.4.	<i>Tipo 2A: Fresa con scudo (mix shield)</i> .....	5
I.1.5.	<i>Tipo 3 : Fresa con scudo a doppio appoggio</i> .....	6
I.1.6.	<i>Tipo 3a : Fresa con scudo a doppio appoggio e contenimento (EPB Double Shield)</i> .....	6
I.2.	RIFERIMENTI COSTRUTTIVI PER OGNI TIPO DI FRESA .....	7
<b>II.</b>	<b>SCAVO CON SISTEMA TRADIZIONALE.....</b>	<b>8</b>

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
ANNEXE 2 - 04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

## I. SCAVO CON SISTEMA MECCANIZZATO

### I.1. TIPI DI FRESE PREVISTE PER IL PROGETTO :

Sono state prese in considerazione TBM di tipo diverso:

**1** - Aperte

**1a** - Foro pilota e macchina rialesatrice

**2, 2a, 3, 3a** – Con scudo, ed in grado di porre in opera il rivestimento (conci prefabbricati) nella parte posteriore immediatamente dopo lo scavo. Tali macchine saranno attrezzate in modo da potere eseguire sondaggi sub-orizzontali in fase di avanzamento, destinati a indagini geognostiche preventive, a preconsolidamenti e a drenaggi controllati. Tali attrezzature saranno anche in grado di regolare le dimensioni di scavo in modo da poter assorbire eventuali cedimenti delle pareti dovuti ad eccesso di taglio (over-cutting). Laddove le condizioni della roccia lo permettono si è prevista, inoltre, la possibilità di realizzare il rivestimento definitivo gettato in opera dietro la struttura di sostegno della macchina.

Tipo	Nome della fresa	Taglio	Possibilità di contenimento del fronte	Viola (camicia)	Marinaggio	Appoggi	Rivestimento
Tipo 1	TBM per roccia dura	Ruota tagliatrice con molette	No	No (camicia corta di protezione)	Tazze	Radiali (grippers)	Colato in posto (disaccoppiato dalla fresa)
Tipo 1a*	Fresa rialesatrice	Ruota tagliatrice con molette	No	No (camicia corta di protezione)	Tazze	Radiali (grippers)	Colato in posto (disaccoppiato dalla fresa)
Tipo 2	Scudo con appoggio longitudinale	Ruota tagliatrice con molette	No	1 (a tenuta)	Tazze	Longitudinali	Conci di rivestimento
Tipo 2a	Scudo di contenimento Mixt Shield	Ruota tagliatrice con molette	Si	1 (a tenuta)	Coclea** (o pompa)	Longitudinali	Conci di rivestimento
Tipo 3	Scudo con doppio appoggio	Ruota tagliatrice con molette	No	2 (telescopici, articolati)	Tazze	Radiali e longitudinali	Conci di rivestimento o colato in posto
Tipo 3a	Scudo con doppio appoggio e contenimento	Ruota tagliatrice con molette	Si	2 (telescopici, articolati)	Coclea** (o pompa)	Radiali e longitudinali	Conci di rivestimento o colato in posto

Nota:

\* l'impiego della fresa rialesatrice richiede lo scavo preventivo di una galleria con debole sostegno.

\*\* le frese tipo T2a e T3a possono funzionare anche in modalità aperta : sostituzione della coclea di estrazione (o pompa) con un trasportatore.

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
ANNEXE 2 - 04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

### I.1.1. Tipo 1 : TBM per Roccia Dura

Il TBM per Roccia Dura è una macchina equipaggiata con una testa di abbattaggio che scava tutta la fronte di taglio in una volta sola ( sezione piena).

L'effetto della spinta sulla testa di abbattaggio è trasmesso con pattini provvisti di martinetti che si appoggiano radialmente e direttamente sulle pareti naturali dello scavo.

L'avanzamento della macchina avviene in sequenza secondo le due fasi che seguono :

- Scavo (la struttura di appoggio è fissa)
- Ripresa dell'appoggio

I materiali scavati sono raccolti ed evacuati dalla stessa macchina.

Tipo	Nome della fresa	Taglio	Possibilità di contenimento del fronte	Virola (camicia)	Marinaggio	Appoggi	Rivestimento
<b>Tipo 1</b>	<b>TBM per roccia dura</b>	Ruota tagliatrice con molette	No	No (camicia corta di protezione)	Tazze	Radiali (grippers)	Colato in posto (disaccoppiato dalla fresa)

### I.1.2. TIPO 1a : Fresa Rialesatrice

La Fresa WIRTH è utilizzata generalmente nella rialesatura di una galleria di piccolo diametro

Tipo	Nome della fresa	Taglio	Possibilità di contenimento del fronte	Virola (camicia)	Marinaggio	Appoggi	Rivestimento
<b>Tipo 1a*</b>	<b>Fresa rialesatrice</b>	Ruota tagliatrice con molette	No	No (camicia corta di protezione)	Tazze	Radiali (grippers)	Colato in posto (disaccoppiato dalla fresa)

\* l'impiego della fresa rialesatrice richiede lo scavo preventivo di una galleria con debole sostegno.

Questa metodologia di scavo è stata dapprima presa in considerazione, ma successivamente scartata. Infatti si è constatato che da un lato le scadenti caratteristiche geotecniche dei terreni avrebbero imposto l'uso di una TBM con scudo a fronte in pressione e posa dei conci di rivestimento, il che avrebbe reso difficoltoso e non economico il successivo scavo di ampliamento della sezione, e che dall'altro le caratteristiche geomeccaniche delle tratte interessate da ammassi rocciosi (sostanziale omogeneità tipologica e di intensità di fratturazione) consigliavano l'impiego diretto di TBM a piena sezione.

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
ANNEXE 2 - 04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

Inoltre, il vantaggio offerto da questa metodologia di eseguire il consolidamento preventivamente allo scavo di ampliamento, è stato superato dall'aver previsto il TBM a piena sezione in grado di effettuare la stabilizzazione dei terreni servendosi della testa di scavo.

### I.1.3. Tipo 2: Fresa con appoggio longitudinale

E' dotata di una testa di abbattaggio che scava la fronte di taglio tutta assieme (sezione piena). La progressione della macchina è assicurata da martinetti di spinta che si appoggiano longitudinalmente su un rivestimento prefabbricato installato nella parte posteriore della macchina con l'aiuto del sollevatore di conci di rivestimento.

Tipo	Nome della fresa	Taglio	Possibilità di contenimento del fronte	Virola (camicia)	Marinaggio	Appoggi	Rivestimento
<b>Tipo 2</b>	<b>Scudo con appoggio longitudinale</b>	Ruota tagliatrice con molette	No	1 (a tenuta)	Tazze	Longitudinali	Conci di rivestimento

### I.1.4. Tipo 2A: Fresa con scudo (mix shield)

Per gli imbocchi caratterizzati dalla presenza di terreni alluvionali o conoidi di deiezione, per i tratti caratterizzati da parametri geomeccanici scadenti o anche per le zone interessate da un intenso stato di fratturazione con probabili venute d'acqua, si sono prese in considerazione TBM di tipo misto (Mix Shield per rocce e suoli) in grado di avanzare con modalità a fronte stabilizzato con fanghi in pressione (EPBS – Hydroshield) e posa in opera del rivestimento in conci di rivestimento nella parte posteriore dello scudo, o in modalità aperta con fronte contenuto solo meccanicamente. Questo tipo di macchina è in grado quindi di affrontare ammassi disomogenei con un semplice cambio nella modalità di avanzamento e, quindi, alla maggiore flessibilità abbina una velocità di avanzamento largamente accettabile.

Tipo	Nome della fresa	Taglio	Possibilità di contenimento del fronte	Virola (camicia)	Marinaggio	Appoggi	Rivestimento
<b>Tipo 2a</b>	<b>Scudo di contenimento Mixt Shield</b>	Ruota tagliatrice con molette	Si	1 (a tenuta)	Coclea** (o pompa)	Longitudinali	Conci di rivestimento

\*\* le frese tipo **T2a** possono funzionare anche in modalità aperta : sostituzione della coclea di estrazione (o pompa) con un trasportatore.

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	Groupement TSE Lyon Turin
ANNEXE 2 - 04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

### I.1.5. Tipo 3 : Fresa con scudo a doppio appoggio

Data la sostanziale omogeneità dell'ammasso roccioso su lunghe tratte della galleria di base e del tunnel di Bussoleno si è pensato di impiegare una TBM con scudo a fronte aperto con evacuazione del materiale di scavo mediante nastri trasportatori situati nella parte posteriore della macchina. Questo tipo di macchina consente elevate produzioni sia di materiale scavato che di rivestimento fermo restando comunque il controllo della stabilità della cavità prima attraverso lo scudo e successivamente mediante la posa dell'anello in cls che viene previsto già montato o in conci di rivestimento prefabbricati messi in opera nella parte posteriore dello scudo, o gettato in opera con casseforme tonde dietro il sostegno della macchina.

Tipo	Nome della fresa	Taglio	Possibilità di Contenimento del fronte	Virola (camicia)	Marinaggio	Appoggi	Rivestimento
<b>Tipo 3</b>	<b>Scudo con doppio appoggio</b>	Ruota tagliatrice con molette	No	2 (telescopici, articolati)	Tazze	Radiali e longitudinali	Conci di rivestimento o colato in posto

### I.1.6. Tipo 3a : Fresa con scudo a doppio appoggio e contenimento (EPB Double Shield)

Questo tipo di fresa è identico al tipo 3 per quanto riguarda gli appoggi e l'avanzamento, mentre è simile al tipo 2a per quanto riguarda le possibilità di contenimento del fronte.

Tipo	Nome della fresa	Taglio	Possibilità di contenimento del fronte	Virola (camicia)	Marinaggio	Appoggi	Rivestimento
<b>Tipo 3a</b>	<b>Scudo con doppio appoggio e contenimento</b>	Ruota tagliatrice con molette	Si	2 (telescopici, articolati)	Coclea** (o pompa)	Radiali e longitudinali	Conci di rivestimento o colato in posto

\*\* le frese tipo **T3a** possono funzionare anche in modalità aperta : sostituzione della coclea di estrazione (o pompa) con un trasportatore.

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	Groupement TSE Lyon Turin
ANNEXE 2 - 04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

## *1.2. RIFERIMENTI COSTRUTTIVI PER OGNI TIPO DI FRESA*

Tipo	Nome della fresa	RIFERIMENTI
<b>Tipo 1</b>	TBM per roccia dura	Lotschberg Ø=9.53 m Gottardo Ø=8.83 e 9.58m Tscharner Ø=9.53
<b>Tipo 1a*</b>	Fresa rialesatrice	Sauges Ø=11.20 m
<b>Tipo 2</b>	Scudo con appoggio longitudinale	Talwill (Zurigo) - Ø=12.33 m galleria Adler - Ø=12.56 m Murgenthal - Ø=11.98 m Sorenberg - Ø=4.56 m
<b>Tipo 2a</b>	Scudo a contenimento (Mixed Shield)	NFM Mistubishi - <b>Galleria KWAI-TSING</b> - Ø=8.75 m TBM MODELLO LOVAT - <b>Metro di KAZAN</b> - Ø=5.74 m TBM MODELLO LOVAT - <b>Galleria Canale della Manica UK</b> - Ø=5.13 m Talwill (Zurigo) - Ø=12.33 m Grauholz - Ø=11.6 m Baulos - Ø=7.2 m (modalità con coclea)
<b>Tipo 3</b>	Scudo con doppio appoggio	Guadarrama Ø=9.51 m (Herreknecht) Guadarrama Ø=9.46 m (Wirth - NFM)
<b>Tipo 3a</b>	Scudo con doppio appoggio e contenimento	Galleria Canale della Manica - Ø=8.72 m (Robbins - Kawasaki)

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
ANNEXE 2 - 04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

## II. SCAVO CON SISTEMA TRADIZIONALE

I principi generali di definizione del metodo tradizionale sono lo scavo a sezione piena e la stabilità del fronte di taglio. Questo metodo si basa su classificazioni tipo AFTES - RMR - ADECO.

In sintesi, sulla base dei dati geologici, geotecnici e dei valori di tensione, sono state previsti i comportamenti della cavità alla tensione e alla deformazione in assenza di interventi di stabilizzazione, particolarmente in relazione al comportamento del fronte di scavo che rappresenta l'elemento di maggiore importanza nell'evoluzione dei fenomeni di deformazione che si verificano ai bordi della cavità. Sono state individuate le seguenti categorie di comportamento:

- galleria con fronte stabile
- galleria con fronte stabile a breve termine
- galleria con fronte instabile

L'applicazione dei metodi ha permesso di suddividere il tracciato delle gallerie in tratte omogenee sotto il profilo del comportamento alla deformazione, nonché di individuare per ciascuna tratta l'evoluzione della deformazione e l'entità dei volumi prodotti dallo scavo; su tale base, e in funzione della suscettibilità dei terreni di essere «trattati», sono state disegnate le sezioni tipo di avanzamento e individuati gli interventi di contenimento e/o di pre contenimento atti a controllare i previsti fenomeni di deformazione, il tutto come riassunto nella tabella che segue:

APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO .3403 / D	Etudes de développement techniques, de sécurité et d'exploitation	
ANNEXE 2 - 04/11/02	Studi di approfondimento tecnico, di sicurezza e di esercizio	

<b>Categoria di comportamento – Fronte stabile</b> (esempio : Marmi dolomitici – Micascisti e Gneiss)
<b>Calcestruzzo Spruzzato + eventuale bullonatura</b>
<b>Categoria di comportamento – Fronte stabile a breve termine</b> (esempio: Calcescisti)
<b>Calcestruzzo Spruzzato + eventuale bullonatura</b>
<b>Calcestruzzo Spruzzato + Centine</b>
<b>Calcestruzzo Spruzzato + Centine + bullonatura sul fronte di taglio</b>
<b>Calcestruzzo Spruzzato + centine + arco rovescio</b>
<b>Categoria di comportamento – Fronte instabile</b> (esempio : rocce verdi – detriti)
<b>Calcestruzzo Spruzzato + centine + bullonatura sul fronte di taglio + arco rovescio</b>
<b>Calcestruzzo Spruzzato + centine + bullonatura sul fronte di taglio + iniezioni di consolidamento al contorno o corona di spruzzi</b>

Di seguito si riportano i criteri base utilizzati per tutte le sezioni individuate :

- scavo a sezione piena con impiego di esplosivo e/o mezzo meccanico puntuale (escavatore, martellone, fresa puntuale) con sagomatura del fronte a forma concava
- getto dei rivestimenti definitivi in opera entro una distanza prestabilita dal fronte in modo da consentire simultaneamente le attività di scavo e la realizzazione del rivestimento definitivo; in particolare, l'arco rovescio dovrà essere realizzato ad una distanza prestabilita dal fronte sia per un corretto controllo delle deformazioni nel breve termine sia per impedire fenomeni di alterazione e scorrimento plastico nel medio termine;
- realizzazione del getto dell'arco rovescio sia per esigenze statiche sia per motivi di durata della struttura nel lungo termine.

## **LTF – Nuovo collegamento ferroviario Lione - Torino**

### **Caratteristiche della macchina TBM**

Gruppo di lavoro:	Italferr	Sigg. Pigorini, Casagrande
	FE	Sigg. Magnorfi, Anselmi
	IGA	Sig. Pazzagli
	Stone	Sig. Gatti

Vi preghiamo trovare in allegato alcune considerazioni sulla macchina TBM che sono state messe in rilievo durante la nostra riunione con Herrenknecht (H) (Sigg. Schmalzbauer, Marchionna) e Wirth (W) (Sigg. Carrara, Foti).

Abbiamo presentato a H e W i profili geologici e geochemici della Galleria di Base (lato Italia) e della Galleria di Bussoleno, nei quali sono descritte i tipi di rocce e gli inconvenienti di natura geologica, in particolare: zona con faglie a Venaus, Pietre Verdi, materiali detritici e fasce di masse rocciose estremamente fratturate all'ingresso di Bruzolo (circa 1500-2000 m) nella galleria di Bussoleno.

Queste informazioni sono incluse nei profili (sezioni tipo e sezioni a rischio), nei dati di B&G ed anche nei nuovi profili tecnici del nuovo TSE.

Nelle prossime settimane H e W realizzeranno una valutazione approfondita, avvalendosi dei progettisti e dei tecnici delle sedi di H/W, e redigeranno relazioni tecniche complete di casi esemplificativi, velocità e costi del TBM, che saranno poi consegnate il 20-23 settembre. Sono già state comunque discussi alcuni aspetti che sono in accordo con la Relazione sui Metodi di Scavo del TBM:

- Per quanto riguarda l'ambiente delle masse rocciose molto fratturate e delle rocce detritiche, si raccomanda l'impiego del MIX-SHIELD TBM in "modalità chiusa" (con confinamento del fronte di avanzamento) (Tipo 2 nel documento TSE). Il confinamento del fronte potrebbe essere realizzato con terra condizionata (EPB) o con torbida (Scudo idraulico); il metodo EPB sembra consentire maggior flessibilità. La pressione massima esterna sopportata è di 5-6 bar; in caso di pressioni più elevate si verificano problemi al sistema di impermeabilizzazione della macchina (guarnizioni e faccia chiusa). La tipica macchina MIX-SHIELD è provvista di un solo scudo; la spinta di trascinamento è provocata da martinetti piatti che agiscono sul segmento di rivestimento (sistema longitudinale) e che sono posizionati vicino alla parte posteriore dello scudo. Dalla parte posteriore dello scudo è anche iniettato il materiale di ripiena (sabbia e

malta). Questa macchina è anche in grado di operare in “modalità aperta”, più velocemente ed economicamente rispetto alla “modalità chiusa”, in ambiente di rocce massicce e in buone condizioni: nel caso di MIX-SHIELD è previsto un portafresa per roccia dura, per fare sì che si adatti alle masse rocciose in buone condizioni. Ipotizzando un solo scudo, è necessario che il segmento di rivestimento sia posizionato vicino al fronte di taglio, in modo da permettere la spinta di avanzamento. La possibilità di realizzare il rivestimento in posizione lontana dal fronte (avvalendosi di un altro erettore, per il rivestimento dei segmenti o mediante una intelaiatura completamente arrotondata per il rivestimento con calcestruzzo creato direttamente sul posto) è in relazione all’uso del MIX-SHIELD con doppio scudo; in questo caso si possono usare i grippers (spinta radiale). Questa macchina (che corrisponde al Tipo 3a del documento TSE) non è comune. H e W non l’hanno mai costruita; il problema è l’impermeabilità della tenuta delle aperture del gripper negli scudi durante le operazioni “in modalità chiusa”. Si potrebbero studiare alcune protezioni (W ha proposto di mettere lamine di acciaio che si possono poi rimuovere dopo che è iniziato l’allungamento dovuto al proprio peso nel tunnel; va tenuto presente che sul lato italiano del Tunnel di Base e della galleria di Bussoleno, la “modalità chiusa” deve essere utilizzata per solo 1-2 chilometri) però, fino a questo momento, non sono ancora state realizzate soluzioni nella pratica. Essi studieranno questa possibilità.

- Per quanto riguarda le rocce massicce in buone condizioni si raccomanda il HARD ROCK TBM (che corrisponde al Tipo 1/3 nel documento TSE), con scudo semplice o doppio. La macchina con doppio scudo offre la possibilità di avanzare per mezzo del gripper e di posare il rivestimento finale lontano dalla fronte; la macchina con scudo semplice obbliga ad erigere il rivestimento del segmento nelle vicinanze della faccia del TBM. H ha anche suggerito un TBM HARD ROCK aperto, senza scudo; questa soluzione non sembra però garantire la sicurezza in caso di distacchi di roccia ai bordi o quando si deve rimuovere la roccia.
- Abbiamo discusso di una fresa con testata di taglio di 10-11 m di diametro, con spessore del segmento di rivestimento di circa 40-45 cm, e lunghezza di 1.50-2.0 m (ma se si vuole ridurre la velocità, si raccomanda un segmento lungo 2.00 m ). Tenuto conto delle condizioni geologiche e geomeccaniche, H/W ci faranno sapere la massima pressione radiale a terra sopportata dalla macchina, tenuto compatibilmente alla capacità di spinta del TBM (valori comuni), affinché si possa valutare se le elevate pressioni radiali a terra (connesse all’elevata convergenza), vale a dire nelle Pietre Verdi, possono bloccare l’avanzamento della macchina.