



Questo progetto è cofinanziato dalla Unione europea (TEN-T)

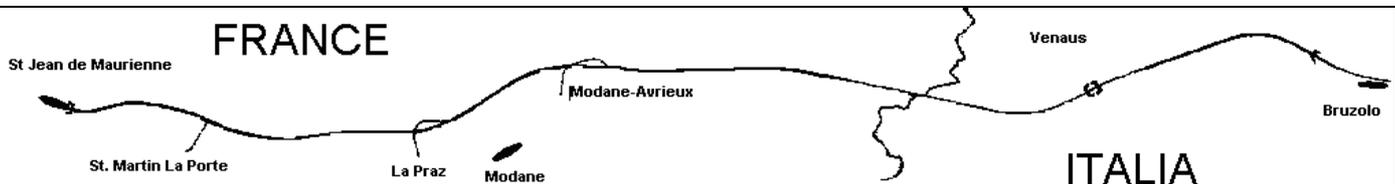


Ce projet est cofinancé par l'Union européenne (RTE-T)

**COMITATO
DEGLI
ESPERTI**

NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO TRANSALPINO TORINO-LIONE

NOUVELLE LIAISON FERROVIAIRE TRANSALPINE LYON-TURIN



Metodi di scavo delle gallerie e tempi di realizzazione

PRIMO RAPPORTO DEGLI ESPERTI

Indice Indice	DATA DATE	MODIFICHE MODIFICATIONS	FILE FICHER	CONCEPITO DA ETABLI PAR	CONTROL.TO DA VERIFIE PAR	APPROVATO DA APPROUVE PAR	STATO ETAT
0	28/10/02	Prima diffusione Première diffusion	primo_rappor to-0.doc	G.Baldovin F.Descoedres J.Fermin	G.Baldovin F.Descoedres J.Fermin	G.Baldovin F.Descoedres J.Fermin	

Réf.doc	A	P	S				C	D	E	R	A	:	:	:	:	:	:	:	0	0	0	1	Ø
	fase phase			n° S.C. n° S.C.			emittente émetteur			tipo doc. type doc		codice geografico code géographique					oggetto objet			n° doc n° doc		indice indice	

Cod.	<u>Metodi di scavo delle gallerie e tempi di realizzazione</u>	COMITATO DEGLI ESPERTI
28/10/2002	PRIMO RAPPORTO DEGLI ESPERTI	

INDICE

0. INTRODUZIONE	1
1. SCAVO DELLE GALLERIE	4
1.1 PREMessa.....	4
1.1.1 <i>L'impostazione generale, il tracciato ed i previsti punti di attacco delle gallerie</i>	4
1.1.2 <i>Condizioni geologiche, idrogeologiche e geotecniche</i>	5
1.1.3 <i>I possibili metodi di scavo dei tunnels</i>	6
1.1.3.1 <i>Richiamo sui metodi</i>	6
1.1.3.2 <i>Parere degli esperti sui metodi di scavo</i>	7
1.2 CONDIZIONI PER CIASCUNO DEI TRONCHI.....	8
1.2.1 Tronco A: St.Julien - St.Martin (7.4 km)	8
1.2.1.1 <i>Caratteristiche del tronco</i>	8
1.2.1.2 <i>Metodo di scavo</i>	9
1.2.2 Tronco B: St.Martin - La Praz Ouest (9.55 km)	10
1.2.2.1 <i>Caratteristiche del tronco</i>	10
1.2.2.2 <i>Metodo di scavo</i>	10
1.2.3 Tronco C: La Praz Ouest-Modane (11.5 km)	11
1.2.3.1 <i>Caratteristiche del tronco</i>	11
1.2.3.2 <i>Metodo di scavo</i>	11
1.2.4 Tronco D: Modane-Venaus (24.2 km)	12
1.2.4.1 <i>Caratteristiche del tronco</i>	12
1.2.4.2 <i>Metodo di scavo</i>	12
1.2.5 Tronco E: Tunnel de Bussoleno (12 km)	13
1.2.5.1 <i>Caratteristiche del tronco</i>	13
1.2.5.2 <i>Metodo di scavo</i>	13
2. I TEMPI DELLO SCAVO	14
2.1 IPOTESI	14
2.2 TEMPI PRIMA DELL'INIZIO DEI LAVORI.....	14
2.2.1 <i>Scavo con frese</i>	14
2.2.2 <i>Scavo in tradizionale</i>	14
2.3 VELOCITÀ DI AVANZAMENTO PRESUNTE (LAVORAZIONI A CICLO CONTINUO, 7 GIORNI SU 7, 12 MESI PER ANNO)	14

Cod.	<u>Metodi di scavo delle gallerie e tempi di realizzazione</u>	COMITATO DEGLI ESPERTI
28/10/2002	PRIMO RAPPORTO DEGLI ESPERTI	

2.4	DURATA DEGLI SCAVI DOPO L'ORDINE DI SERVIZIO	15
2.5	RIEPILOGO DEI TEMPI DI SCAVO	16
3.	CONCLUSIONE SU SCAVI E TEMPI DI ESECUZIONE	16
4.	IL TRACCIATO DELLE DISCENDERIE	17
5.	LE GALLERIE PER INDAGINI - PRIORITA' DI REALIZZAZIONE	17

INDICE DEGLI ALLEGATI

ALL. 1 - Profilo Geologico 1:25.000 (redatto da Alpetunnel)

ALL. 2 - Tabella sintetica delle formazioni geologiche (redatta da Alpetunnel)

ALL. 3 - Metodi di scavo - Tempi di esecuzione (redatto dagli Esperti)

Cod.	<u>Metodi di scavo delle gallerie e tempi di realizzazione</u>	COMITATO DEGLI ESPERTI
28/10/2002	PRIMO RAPPORTO DEGLI ESPERTI	

0. INTRODUZIONE

La Società L.T.F. Lyon-Turin Ferroviaire si appresta alla realizzazione della Progettazione Preliminare della tratta internazionale del Nuovo Collegamento ferroviario Lione-Torino, comprendente il Tunnel di base di 52 km di lunghezza ed il Tunnel di Bussoleno di 12 km.

Data l'importanza ed il carattere eccezionale delle opere in sotterraneo L.T.F., nell'ambito di tale progettazione, ha costituito un Comitato formato da tre Esperti Internazionali nel campo della concezione e della costruzione di gallerie; detto Comitato ha come scopo principale l'analisi e la validazione del progetto approntato dal Raggruppamento di Società d'Ingegneria affidatario della progettazione delle Opere Civili (Italferr, Systra, Fiat Engineering, Setec TPI e SNCF Ingénierie), oltre che la consulenza specialistica alla struttura tecnica L.T.F. preposta alla gestione del progetto.

Questo Comitato, formato dagli scriventi G.Baldovin, F.Descoeurdes e J.Fermin, ha iniziato l'attività con una visita guidata ai luoghi interessati dal progetto, da Torino a Modane, in data 17.7.2002. I tecnici L.T.F. hanno illustrato, in tale occasione, lo stato degli studi, e messo in evidenza i temi principali che attendono di essere sviluppati nelle successive fasi di lavoro.

Gli Esperti hanno poi partecipato a quattro riunioni congiunte dei tecnici L.T.F. e del Raggruppamento dei Progettisti TSE, a Chambéry il 9.08.2002, a Torino il 2.09.2002, a Chambéry il 26.09.2002 e il 10.10.2002. Nel corso di queste riunioni sono state precisate ed illustrate le grandi linee del progetto oggi in via di elaborazione.

A seguito della riunione di Torino, L.T.F. ha chiesto agli Esperti di redigere un primo rapporto, nel quale sia espresso il parere del Comitato sui punti che seguono:

- la relazione di TSE sui metodi di scavo e sui tempi di esecuzione;
- i tipi di fresa da prevedere, in particolare sul tronco D con attacco da Venaus (a fronte aperto o chiuso, con grippers o senza, posa di conci prefabbricati,...);
- il tracciato delle discenderie e gallerie per indagini;
- la priorità nella realizzazione delle gallerie per indagini ed in particolare fra le gallerie di La Praz E od O;
- la metodologia TSE per lo studio dei costi;

L.T.F. ha messo a disposizione degli Esperti la parte essenziale degli studi svolti sino ad oggi ed in particolare i seguenti documenti:

1. ALPETUNNEL GEIE – Assistance technique hydrogéologie – géochimie isotopique – Rapport final (06/2000)
2. RAPPORTI DEI GRUPPI DI LAVORO (12/2000)
 - Gruppo TUNNEL
 - Gruppo ECONOMIA e FINANZA
 - Gruppo AMBIENTE E TERRITORIO

Cod.	<u>Metodi di scavo delle gallerie e tempi di realizzazione</u>	COMITATO DEGLI ESPERTI
28/10/2002	PRIMO RAPPORTO DEGLI ESPERTI	

3. RAPPORTO FINALE DELLA COMMISSIONE INTERGOVERNATIVA (01/2001)
4. ALPETUNNEL GEIE – Rapporto finale (12/2001)
5. ALPETUNNEL GEIE – Rapporto di sintesi (02/2002)
6. L.T.F. – Tratta comune Saint Jean De Maurienne/S.Didero tra confine di Stato e S.Didero (03/2002)
7. ALPETUNNEL GEIE (05/2002)
 - Carta geologica 1:25.000
 - Sezioni geologiche 1:25.000
8. L.T.F. – Objectifs des galeries de reconnaissance (06/2002)
Intérêts des galeries de reconnaissances de Saint Martin La Porte – La Praz – Modane (06/2002)
9. L.T.F. – Soumission a la CIG n°7 – Configurations d'infrastructure 5,7,10,13 07/2002
10. Documenti ricevuti in Settembre 2002
 - La fracturation dans les quartzites entre la bordure est du Houiller e la cicatrice Modane-Chavière ;
 - Les données géotechniques disponibles sur les roches vertes du tunnel de Bussoleno dans la zone de Mompantero
 - gli elementi geotecnici disponibili per le anidriti;
 - gli elementi disponibili sulla falda nel conoide di Chianocco ;
 - il tracciato delle discenderie e delle gallerie di indagini;
 - gli elementi disponibili sui sondaggi in corso nello Houiller suscettibili di fornire delle informazioni sugli accidenti idrotermali possibili (obbiettivo principale della galleria per indagini La Praz Ovest);
 - dettagli sull'analisi dei costi (fasi 1 e 2) ;
 - Prospetto con la stima dei costi (Tunnel di Bussoleno e Tunnel di Base).
 - Profilo del sondaggio F20 ;
 - Note geologiche sulle Ofioliti/Pietre verdi;
 - Profili geotecnici e falda nella zona di Chianocco.

Cod.	<u>Metodi di scavo delle gallerie e tempi di realizzazione</u>	COMITATO DEGLI ESPERTI
28/10/2002	PRIMO RAPPORTO DEGLI ESPERTI	

Il presente rapporto fa riferimento a detta documentazione, ma si basa in particolare sugli elaborati predisposti per le riunioni di Chambéry e Torino e precisamente:

– **Documenti TSE:**

- APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO--3401-0 - Synthèse des paramètres géologiques e géotechniques des tunnels de base e de Bussoleno -Plan ;
- APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO--3404 A e B - Synthèse des metodos d'exécution des tunnels de base e de Bussoleno (12/09 e 23/09/2002)-Plan ;
- APS.2085.TSE3.RS.XXXX.GO—3403 A,B e C – Metodos d'exécution e délais estimatifs de réalisation des tunnels de base e de Bussoleno (12/09, 23/09 e 04/10 2002).

– **Documenti L.T.F.:**

Documenti per la riunione n.2 (Stima dei costi, Individuazione degli scenari di fasaggio)

Verbale della Riunione n.3 (02.09.2002)

Verbale della Riunione n.4 (26.09.2002)

Verbale della Riunione n.5 (10.10.2002)

Gli esperti si sono inoltre riuniti in altre due occasioni, il 18/09/2002 a Milano e il 21/10/2002 a Ginevra, per redigere questo rapporto, che tratta l'insieme dei punti che sono stati loro sottoposti, con l'esclusione della metodologia degli studi TSE sui costi, di cui non hanno ancora ricevuto la necessaria documentazione.

Cod.	<u>Metodi di scavo delle gallerie e tempi di realizzazione</u>	COMITATO DEGLI ESPERTI
28/10/2002	PRIMO RAPPORTO DEGLI ESPERTI	

1. SCAVO DELLE GALLERIE

1.1 Premessa

L.T.F. chiede agli Esperti di esprimere il proprio parere sulle modalità di scavo che possono essere oggi ragionevolmente proposte per le gallerie.

Prima di entrare nel merito del quesito, si riassumono brevemente le linee di progetto che risultano già fissate con i precedenti studi, e gli elementi essenziali di conoscenza già acquisiti sotto il profilo geologico, idrogeologico e geotecnico.

Successivamente si ricordano brevemente le condizioni presenti lungo le gallerie, e si suggeriscono le possibili soluzioni nel quadro delle attuali conoscenze.

1.1.1 L'impostazione generale, il tracciato ed i previsti punti di attacco delle gallerie

Le linee di progetto, che si considerano sostanzialmente fissate, sono quelle della soluzione **A** per il Tunnel di base e della Variante Nord per il Tunnel di Bussoleno, prescelte a seguito degli studi condotti da Alpetunnel Geie.

Sul lato Italia è previsto un terzo tunnel di servizio, del diametro interno di 5 m e di lunghezza 10 km.

Lo sviluppo del Tunnel di base è di circa 53 km, quello di Bussoleno di circa 12 km.

Al PK 30 circa del Tunnel di base sarà realizzata la stazione sotterranea di Modane.

Il profilo longitudinale del Tunnel di base prevede, a partire dal portale Ovest, una pendenza in salita dello 0,65% fino al PK 28 circa, poi del 2% sino al vertice, PK 33 circa, quindi una pendenza in discesa dell'8% verso l'attacco Est.

Per il Tunnel di Bussoleno la pendenza è del 12% in discesa verso Est.

La copertura massima del tunnel di base è localizzata al PK 42 circa ed è di 2500 m circa.

Per l'esecuzione di questo Tunnel sono previsti tre attacchi intermedi, raggiungibili mediante discenderie a St.Martin la Porte (PK 7.2), La Praz (PK 18.7) e Modane (PK 30.1), oltre agli imbocchi O ed E rispettivamente a S.Jean de Maurienne e Venaus.

Cod.	<u>Metodi di scavo delle gallerie e tempi di realizzazione</u>	COMITATO DEGLI ESPERTI
28/10/2002	PRIMO RAPPORTO DEGLI ESPERTI	

1.1.2 Condizioni geologiche, idrogeologiche e geotecniche

I documenti geologici che ci sono stati trasmessi da L.T.F. evidenziano una grande diversità di terreni alla quota del tunnel. Pertanto, specialmente in corrispondenza dei contatti fra terreni di differente natura la galleria attraverserà degli **accidenti geologici** più o meno importanti, che richiederanno, o meno, sostegni e/o trattamenti particolari.

I rischi che più frequentemente si potranno incontrare, così come accade per le gallerie nelle regioni alpine, possono essere ricondotti alle condizioni seguenti:

- Fratturazione della massa rocciosa e venute d'acqua ad essa associate (con portate e pressioni indefinite)
- Rocce frantumate fortemente tettonizzate
- Rocce molto dure e abrasive (quarziti)
- Presenza di condotti o cavità carsici (con o senza riempimento)
- Plastificazione, deformazione o rigonfiamento delle rocce a componente argillosa o gessosa
- Decompressione violenta in rocce dure sotto forte copertura
- Acque mineralizzate, anomalie termiche locali
- Presenza di gas, soprattutto nella serie dell' houiller
- Terreni sciolti eterogenei con blocchi nelle zone di imbocco.

A questi rischi corrispondono delle instabilità potenziali e delle difficoltà di esecuzione dei tunnels:

- instabilità del fronte (mancanza di coesione, rifluimenti, rottura fragile, forte convergenza)
- instabilità della sezione scavata prossima al fronte (forte convergenza, plastificazione, bloccaggio dello scudo)
- instabilità nella zona dietro il fronte (convergenza differita, rigonfiamento, aggressione dei calcestruzzi, etc.)
- necessità di fronteggiare le venute d'acqua (portate, pressioni, drenaggio, impermeabilizzazione, trattamento del terreno).

Va però osservato che le diverse formazioni geologiche, con l'esclusione della zona di Modane e di quella di Bussoleno, si dovrebbero presentare quasi perpendicolari al tracciato del tunnel, ciò che costituisce un vantaggio notevole rispetto ad una giacitura che fosse prossima a quella del tunnel; gli accidenti dovrebbero quindi essere "puntuali" e non estesi a sviluppi importanti della galleria.

Peraltro, essendo rilevante la copertura, sono certamente da prevedere **delle convergenze**, la cui entità potrebbe essere incompatibile con determinati metodi di scavo e di rivestimento.

Cod.	<u>Metodi di scavo delle gallerie e tempi di realizzazione</u>	COMITATO DEGLI ESPERTI
28/10/2002	PRIMO RAPPORTO DEGLI ESPERTI	

Tenuto conto di questa grande diversità e dei rischi possibili in presenza di accidenti geologici severi (rifiuimenti, sfornellamenti) sarà indispensabile "predefinire" sistematicamente le condizioni all'avanzamento mediante sondaggi di prospezione, il che impone che **i fronti debbano essere facilmente accessibili.**

Una sintesi dei risultati delle indagini lungo il tracciato è stata redatta da Alpetunnel nel rapporto finale; essa è allegata a questo rapporto con il profilo geologico.

Il tema è stato trattato anche nel Rapporto del Gruppo di Lavoro Tunnel (Dicembre 2000) ai paragrafi 2.3 e 2.4. Gli elementi più interessanti per la scelta dei metodi di scavo sono stati riportati da TSE nelle due planimetrie 3401-A e 3404-0.

Vanno tenuti, in proposito, in evidenza particolare, per la geologia e la geotecnica, i punti su cui sussistono tuttora le maggiori incertezze, e che debbono formare oggetto di accertamenti integrativi. Essi sono stati evidenziati nel Rapporto del Gruppo di Lavoro Tunnel (Dicembre 2000) al capitolo 9, "Azioni da realizzare", ed in particolare nei paragrafi 9.1 "Gallerie geognostiche" e 9.2 "Completamento del programma di ricognizione geologica e geotecnica tramite sondaggi".

1.1.3 I possibili metodi di scavo dei tunnels

1.1.3.1 Richiamo sui metodi

A - I lavori in tradizionale

Questi lavori, che includono lo scavo vero e proprio ed il sostegno delle pareti, vengono realizzati con tecnologie assai differenziate, (esplosivi, fresa puntuale, centinatura, ancoraggi etc.) fra cui possono essere facilmente individuate le più adatte ai tipi di terreno da attraversare.

La loro caratteristica comune è il contatto diretto del personale con il fronte, il che significa che deve essere presa ogni precauzione per garantire la sicurezza degli operatori; **in particolare debbono eseguirsi imperativamente sondaggi di prospezione preventivi allo scavo**, al fine di percepire con anticipo le variazioni di caratteristiche del terreno e gli accidenti geologici (rifiuimenti, scarsa coesione, etc.).

L'accesso diretto al fronte, senza ostacoli, permette di realizzare in buone condizioni i sondaggi di prospezione e, ove necessario, trattamenti efficaci dei terreni.

B - I lavori meccanizzati con fresa

Si distinguono qui due tipi di fresa:

- **Le frese del tipo "a fronte aperto"**, che per definizione non realizzano la tenuta idraulica all'avanzamento. Per realizzare la spinta per lo scavo trovano contrasto lateralmente mediante grippers agenti contro roccia. I grippers sono per definizione retraibili, per cui la fresa "aperta", non rischia di essere bloccata da convergenze importanti del terreno.

Cod.	<u>Metodi di scavo delle gallerie e tempi di realizzazione</u>	COMITATO DEGLI ESPERTI
28/10/2002	PRIMO RAPPORTO DEGLI ESPERTI	

Come per i lavori in tradizionale le indagini preventive all'avanzamento sono imperativamente necessarie, così come gli eventuali trattamenti dei terreni, ma queste operazioni sono realizzabili mediante l'accesso al fronte, attraverso la testa rotante, ed al terreno immediatamente a tergo della stessa.

- **Le frese del tipo "scudo"**. Essendo queste frese chiuse ed a tenuta idraulica, il personale è protetto nei riguardi di evenienze sfavorevoli ed imprevisi di carattere geologico ed idrogeologico. Ma questi scudi sono assai condizionati dalle convergenze del terreno e la loro conformazione rende difficili le indagini ed i trattamenti del terreno.

1.1.3.2 *Parere degli esperti sui metodi di scavo*

- a) Gli esperti raccomandano l'utilizzo delle frese nei casi in cui lo stesso è possibile e necessario per limitare il tempo di costruzione ed ancora per rendere affidabili, in certa misura, le stime dei tempi e dei costi.
- Allo stato attuale delle conoscenze, ed in particolare considerata la carenza di informazioni sull'entità delle convergenze dei terreni, gli esperti sono portati a scartare, oggi, l'utilizzo delle frese di tipo "scudato", salvo nei casi in cui la copertura è bassa come a Bussoleno Est.
- Escluso dunque quest'ultimo caso, **gli esperti raccomandano l'utilizzo di frese di tipo "a fronte aperto" con grippaggio laterale**; il rivestimento, non legato allo scavo, sarà gettato in opera.
- Le componenti elettriche di queste macchine dovranno comunque essere del tipo antideflagrante nei terreni dello "houiller", ancorché gli stessi dovessero essere ritenuti non produttivi di CH₄.
- b) Quando i terreni sono incoerenti, o quando, per determinati tronchi, le cadenze di esecuzione non sono sul percorso critico, gli esperti raccomandano l'applicazione dei metodi tradizionali.

Cod.	<u>Metodi di scavo delle gallerie e tempi di realizzazione</u>	COMITATO DEGLI ESPERTI
28/10/2002	PRIMO RAPPORTO DEGLI ESPERTI	

1.2 Condizioni per ciascuno dei tronchi

1.2.1 **Tronco A: St.Julien - St.Martin (7.4 km)**

1.2.1.1 *Caratteristiche del tronco*

PK 0÷0.9 - Conoide St.Julien Mont Denis

Grado di incertezza
geologico,
idrogeologico e
geotecnico:
mediamente elevato

Condizioni geologiche, idrogeologiche e geotecniche rilevanti per lo scavo

- Le condizioni geologiche, idrogeologiche e geotecniche, specialmente al contatto del conoide con la roccia sono poco conosciute. Vi sono peraltro informazioni su:
 - presenza di un letto di argilla con probabile falda artesianica;
 - presenza di blocchi di varia dimensione;
 - l'esecuzione dei pali per l'autostrada non ha presentato difficoltà;
 - presenza di pareti subverticali stabili, nei terreni del cono, in prossimità del portale.
- Ulteriori approfondimenti sono ritenuti indispensabili

PK 0.9÷3.6 km

Grado di incertezza:
modesto

Condizioni rilevanti:

- Le rocce di questa tratta sono ben conosciute grazie alla positiva esperienza EDF con fresa.

PK 3.9÷6.1 km

Grado di incertezza:
mediamente elevato

Condizioni rilevanti:

Gli elementi di incertezza sono:

- Il **carsismo**.
- Il comportamento dell'anidrite; **gli esperti non dispongono di risultati di prove mineralogiche e di rigonfiamento**.

Cod.	<u>Metodi di scavo delle gallerie e tempi di realizzazione</u>	COMITATO DEGLI ESPERTI
28/10/2002	PRIMO RAPPORTO DEGLI ESPERTI	

PK 6.1 ÷ 7.4 km

Grado di incertezza:
elevato

Condizioni rilevanti:

Gli elementi di incertezza sono:

- le convergenze nell "houiller produttivo" e "sterile";
- la presenza di gas (CH₄);
- i fenomeni di rigonfiamento nell'anidrite in presenza d'acqua;
- le venute d'acqua.

1.2.1.2 Metodo di scavo

Parere T.S.E.

Per questo tronco TSE propone due soluzioni:

- un solo attacco con fresa a partire da S.Julien
 - fresa con scudo articolato e conci prefabbricati, operante con confinamento nel conoide Saint Julien o nell'anidrite;
- aggiunta di un secondo attacco discendente da St.Martin in **tradizionale** (soluzione preferita).

Parere degli Esperti

- Conoide St.Julien:
tradizionale
- Da PK 0.7:
fresa a "fronte aperto"
- **attacco discendente a St.Martin eventuale tradizionale**

Gli Esperti sono piuttosto perplessi sulla previsione di frese di tipo "**misto**" che passano dal "**confinamento**" alle disposizioni "**a fronte aperto**" con grippaggio.

Il cambio di tipo di terreno, dopo il conoide di St.Julien, richiederebbe comunque modifiche importanti alla macchina.

Suggeriscono quindi lo scavo in **tradizionale** dei primi 700 m attraverso il **conoide di St.Julien**.

L'esecuzione di questa tratta dovrebbe essere anticipata il più possibile (galleria per indagine), per non ritardare l'attacco in **roccia** con la **fresa**, che per le ragioni sopra esposte, sarà di tipo a "**fronte aperto**".

Non si esclude, e la cosa andrebbe precisata con ulteriori indagini, che un eventuale trattamento preventivo dei terreni del conoide con drenaggi ed iniezioni possa rendere possibile l'attacco diretto dal portale (PK 0) direttamente con la fresa a "fronte aperto".

Quest'ultima, ben s'intende con le componenti elettriche antideflagranti, potrebbe poi probabilmente procedere sino alla discenderia di St.Martin (PK 7.4). Se necessario, in rapporto alla velocità di avanzamento della fresa proveniente da St.Julien, potrà essere previsto un attacco **discendente in tradizionale** a St. Martin.

Cod.	<u>Metodi di scavo delle gallerie e tempi di realizzazione</u>	COMITATO DEGLI ESPERTI
28/10/2002	PRIMO RAPPORTO DEGLI ESPERTI	

1.2.2 Tronco B: St.Martin - La Praz Ouest (9.55 km)

1.2.2.1 Caratteristiche del tronco

PK 7.4÷8.0 km

Grado di incertezza:
elevato

Condizioni rilevanti:

- Houiller produttivo

PK 8.0÷14.6 km env.

Grado di incertezza:
medio

Condizioni rilevanti:

- Houiller sterile

PK 14.6÷16.95 km

Grado di incertezza:
medio

Condizioni rilevanti:

- Houiller sterile
- Accidente idrotermale.

1.2.2.2 Metodo di scavo

Parere T.S.E.

TSE prevede un solo attacco in salita con **fresa di tipo aperto con grippaggio**.

Parere degli Esperti
fresa aperta
da S.Martin
tradizionale
da La Praz Ouest

Gli esperti approvano la fresa aperta a St.Martin ma sottolineano che è necessario che l'attrezzatura elettrica sia prevista antideflagrante, essendo l'attacco a St.Martin ancora nell' "houiller produttivo".

D'altra parte gli ultimi risultati delle indagini segnalano che nell' houiller sterile sono possibili dei passaggi di houiller produttivo.

Gli esperti segnalano ancora che, allo stato delle conoscenze, non si è in grado di valutare le reali difficoltà poste all'avanzamento dall'accidente idrotermale.

Non è del tutto certo quindi che la galleria per indagini, prevista da La Praz verso Ovest, permetta di trattare il terreno in misura adeguata per assicurare l'ulteriore passaggio dei

Cod.	<u>Metodi di scavo delle gallerie e tempi di realizzazione</u>	COMITATO DEGLI ESPERTI
28/10/2002	PRIMO RAPPORTO DEGLI ESPERTI	

due tunnels senza lavori complementari all'avanzamento; gli esperti ritengono quindi prudente di suggerire provvisoriamente, in attesa dei risultati della galleria per indagini, un **secondo attacco** discendente **con il metodo tradizionale** a partire da La Praz Ovest fino ad incontrare la zona di detto accidente, della lunghezza stimata di circa 2-2.5 km.

1.2.3 Tronco C: La Praz Ovest-Modane (11.5 km)

1.2.3.1 Caratteristiche del tronco

PK 16.95÷28.5 km

Grado di incertezza:
medio

Condizioni rilevanti:

- Passaggio houiller produttivo÷houiller-brianzoneese siliceo
- Quarziti abrasive
- Venute d'acqua
- Verso E, con predominanza micascisti, acque mineralizzate

1.2.3.2 Metodo di scavo

Parere T.S.E.

TSE prevede tre soluzioni:

- Un solo attacco in salita **con fresa** da La Praz
- in più un attacco discendente **con metodo tradizionale** (preferenza)
- Due attacchi **con metodo tradizionale**.

Parere degli Esperti
fresa a fronte aperto
da La Praz Ovest

Gli esperti preferiscono un solo attacco in salita con **fresa a fronte aperto** da La Praz. Essi raccomandando un attento studio della logistica della stazione sotterranea di Modane, che è molto complessa, prima di considerare un contro attacco in discesa in tradizionale. Essi temono che la discenderia di Modane possa essere insufficiente per sopportare la logistica di detto cantiere.

Cod.	<u>Metodi di scavo delle gallerie e tempi di realizzazione</u>	COMITATO DEGLI ESPERTI
28/10/2002	PRIMO RAPPORTO DEGLI ESPERTI	

1.2.4 Tronco D: Modane-Venaus (24.2 km)

1.2.4.1 Caratteristiche del tronco

PK 28.2÷52.6 km

Grado di incertezza:
ridotto

Condizioni rilevanti:

- Scisti lucidi PK34.6÷36
- Massiccio d'Ambin (copertura –temperatura)
- Calcescisti tettonizzati/carniole all'attacco di Venaus

1.2.4.2 Metodo di scavo

Parere T.S.E.

TSE propone:

- Un attacco da Modane con **fresa a scudo "a fronte aperto"**
- Un attacco da Venaus con **fresa a scudo articolato operante con confinamento e dotata di grippers.**

Parere degli Esperti

fresa a fronte aperto
da Modane
tradizionale
da Venaus per 1250 m
e poi:
fresa a fronte aperto

Gli esperti raccomandano un attacco con **fresa a fronte aperto** da Modane. Sul lato Venaus, nella zona più difficile, i primi 1250 m, suggeriscono il metodo **tradizionale**, con eventuale trattamento nelle zone dei calcescisti, successivamente una fresa **a fronte aperto** adatta all'esecuzione di indagini ed a eventuali forti convergenze.

Ricordano che a Venaus non ci sono problemi di falda, giacché la quota piezometrica, nella zona più difficile, i primi 1250 m, è stata segnalata come uguale od inferiore a quella del tunnel.

Cod.	<u>Metodi di scavo delle gallerie e tempi di realizzazione</u>	COMITATO DEGLI ESPERTI
28/10/2002	PRIMO RAPPORTO DEGLI ESPERTI	

1.2.5 Tronco E: Tunnel de Bussoleno (12 km)

1.2.5.1 Caratteristiche del tronco

PK 55.7÷67.7 km

Grado di incertezza:
medio

Condizioni rilevanti:

- Idrogeologia complessa
- Caratteristiche geotecniche del conoide di Chianocchio
- Caratteristiche geotecniche di pietre verdi, calcescisti, dolomie, mesozoico indifferenziato intensamente tettonizzato

1.2.5.2 Metodo di scavo

Parere T.S.E.

TSE propone 3 metodi di scavo:

- **tradizionale** da Venaus, **fresa mista** da Bussoleno
- quattro attacchi: metodo tradizionale da Venaus, metodo tradizionale da Bussoleno, metodo tradizionale in salita e discesa da una finestra a Foresto
- tre attacchi: metodo tradizionale da Venaus e da finestra di Foresto, fresa con scavo misto da Bussoleno

Parere degli Esperti
tradizionale
da Venaus
fresa con scudo e
confinamento
da Bussoleno

Gli esperti ritengono idonea una soluzione in **tradizionale** da Venaus (adatta alla realizzazione della camera) e eventualmente dalla finestra intermedia di Foresto. Da Bussoleno Est, per l'attraversamento del conoide di Rio Prebech, essi si rifanno alla proposta di TSE di utilizzare una **fresa con scudo e confinamento** per preservare il livello della falda.

Cod.	<u>Metodi di scavo delle gallerie e tempi di realizzazione</u>	COMITATO DEGLI ESPERTI
28/10/2002	PRIMO RAPPORTO DEGLI ESPERTI	

2. I TEMPI DELLO SCAVO

2.1 Ipotesi

- Le due canne sono realizzate simultaneamente, con uno sfalsamento di 6 mesi tra la 1ª e la 2ª, dall'inizio alla fine dello scavo. Questo sfalsamento permette di scaglionare la fabbricazione delle frese, di gestire meglio la mobilitazione e la formazione del personale, ed offre l'opportunità di poter intervenire sulla seconda canna a partire dalla prima.
- Origine dei tempi : Ordine di Servizio, dando per scontato che alla emissione dello stesso, il Progetto Esecutivo sia già stato approvato dall'Amministrazione, che i terreni vengono messi a disposizione dell'Impresa, e che tutte le autorizzazioni di carattere amministrativo siano state ottenute.
- Gli scavi laterali (by-pass, nicchie per impianti etc.) sono realizzati in tempi sovrapposti a quelli di scavo dei tunnels.

2.2 Tempi prima dell'inizio dei lavori

2.2.1 Scavo con frese

Frese : 22 mesi (mobilitazione 3 mesi, gara per frese 3 mesi, fabbricazione 10 mesi; montaggio e messa a punto 6 mesi).

Questi 22 mesi sono d'altra parte necessari per fare i piani di esecuzione, progettare e realizzare le installazioni e la logistica, eseguire i lavori preventivi come le piattaforme e le camere di montaggio delle frese.

2.2.2 Scavo in tradizionale

Lavori diversi in tradizionale: fra 6 e 12 mesi

2.3 Velocità di avanzamento presunte (lavorazioni a ciclo continuo, 7 giorni su 7, 12 mesi per anno)

Frese: 250 metri al mese, vale a dire 3000 m all'anno.

Lavori in tradizionale: 125 m al mese, vale a dire 1500 m all'anno (ad eccezione degli attacchi di St Julien e di Bussoleno-Ovest dove le condizioni sono difficili)

Queste tempistiche, basate sull'esperienza, sono dei valori medi che gli esperti stimano probabili. Esse tendono a considerare, nel complesso, tutti i tipi di terreni ed i diversi possibili accidenti, che non possono essere oggi definiti e quantificati con precisione.

Pertanto quando si dice "250 m nella media ", si fa l'ipotesi che le frese abbiano a realizzare degli avanzamenti compresi fra 0 e 500÷600 m al mese.

Cod.	<u>Metodi di scavo delle gallerie e tempi di realizzazione</u>	COMITATO DEGLI ESPERTI
28/10/2002	PRIMO RAPPORTO DEGLI ESPERTI	

2.4 Durata degli scavi dopo l'Ordine di Servizio

- Tronco A: 68 mesi (7400 m), di cui

Lavori preventivi allo scavo : 12 mesi
 St Julien (700 m a 41 m/mese): 17 mesi
 Montaggio fresa No 1 : 6 mesi
 Scavo No 1 (6700 m) : 27 mesi
 Fine scavo No 2 : +6 mesi

- Tronco B: 56 mesi (9550 m), di cui

Lavori preventivi fresa: 22 mesi (compresi 2500 m in tradizionale da La Praz)
 Scavo Fresa No 1 : 28 mesi (9550- 2500= 7050 m)
 Fine scavo fresa No 2 : +6 mesi

- Tronco C: 74 mesi (11500 m) di cui

Lavori preventivi scavo : 22 mesi
 Scavo No 1 : 46 mesi
 Fin scavo No 2 : +6 mesi

- Tronco D : 74 mesi (24200 m) di cui

Lavori preventivi fresa : 22 mesi (compresi 1250 m in tradizionale da Venaus)
 Scavo fresa : 46 mesi
 Fine scavo No 2 : +6 mesi

- Tronco E : 61 mesi (12000 m)

Bussoleno-Ovest : Metodo tradizionale.
 Inizio all'O.S + 12 mesi
 1000 primi m a 70 m/mese : 14 mesi
 Successivamente 125 m/mese
 Bussoleno-Est : Fresa di tipo "scudata"
 Inizio all'O.S. + 22 mesi
 1000 primi m a 125 m/m : 8 mesi
 Successivamente 250 m/mese
 -Fine della prima canna : 55.5 mesi
 -Fine della seconda canna: 58.3 mesi.

Cod.	<u>Metodi di scavo delle gallerie e tempi di realizzazione</u>	COMITATO DEGLI ESPERTI
28/10/2002	PRIMO RAPPORTO DEGLI ESPERTI	

2.5 Riepilogo dei tempi di scavo

I tronchi **C** e **D** richiedono lo stesso tempo, **74 mesi**.

Gli esperti non suggeriscono attacchi da Modane-Ovest per ridurre il tempo di scavo del tronco **C** perchè, nella configurazione attuale della discenderia, sarà già estremamente difficile assicurare adeguatamente la logistica dei lavori della Stazione di Modane in contemporanea con quella delle due canne di Modane-Est del tronco **D**.

Con due soli attacchi (Modane e Venaus) il tempo di esecuzione del tronco **D** non è riducibile.

Il tempo di scavo stimato dagli esperti è dunque di 74 mesi, vale a dire 6 anni e 2 mesi.

T.S.E valuta il tempo per il tronco D a 5,5 anni, prendendo come origine l'ordine di costruzione delle frese, il che, corretto con il tempo zero all'Ordine di Servizio, dà un risultato assai prossimo a quello stimato dagli esperti.

3. CONCLUSIONE SU SCAVI E TEMPI DI ESECUZIONE

Gli esperti ritengono che **la stima di 6,5 anni** per il tempo di scavo dei tunnels **sia corretta e attendibile**.

Tuttavia ciò presuppone che i problemi di interfaccia fra i tunnels ed i grandi lavori fra la Stazione di Modane e per l'evacuazione dell'aria viziata a Val Clarea siano risolti. Gli esperti non hanno oggi una visione chiara su questi problemi: la difficoltà di trovare per essi una soluzione soddisfacente potrebbe rappresentare un'alea prevalente sugli stessi tempi di scavo dei tunnels **C e D**.

Gli esperti suggeriscono quindi a L.T.F. di separare i lavori per queste due opere da quelli per i tunnels realizzando:

- **Una seconda discenderia a Modane riservata esclusivamente ai lavori della stazione.**
- **L'insieme dei lavori per l'evacuazione dell'aria viziata mediante un pozzo od una discenderia da Val Clarea.**

Questa soluzione non solo consoliderebbe la probabilità di realizzare lo scavo in 6,5 anni, ma inoltre:

- a) Sarebbe possibile prevedere un attacco verso Est da Modane, il che ridurrebbe il tempo del tronco C da 10 a 12 mesi. La discenderia "Stazione di Modane" non essendo funzionale alla sicurezza dell'esercizio, sarebbe immediatamente disponibile per lo scavo di una eventuale fase 2.
- b) L'esecuzione dei lavori per evacuazione aria viziata interamente da Val Clarea permetterebbe di realizzare senza "preoccupazione", una "galleria per indagini" su molti chilometri da Venaus, con la piena sezione della canna di base, il che

Cod.	<u>Metodi di scavo delle gallerie e tempi di realizzazione</u>	COMITATO DEGLI ESPERTI
28/10/2002	PRIMO RAPPORTO DEGLI ESPERTI	

consentirebbe, nel caso di un progetto fasato, di recuperare anche qui da 10 a 12 mesi sul tronco **D**.

Gli esperti sottolineano che il tempo di 6,5 anni di scavo per i tunnels, ritenuto probabile, resta per sua natura aleatorio.

La realizzazione può rivelarsi significativamente inferiore o superiore a questa stima. Sembra pertanto rischioso ipotizzare l'attuazione delle differenti lavorazioni (scavo, strutture, impiantistica) in sequenza progressiva.

Gli esperti ritengono che la realizzazione in tempi "sovrapposti" di tali lavorazioni permetterebbe di completare le opere connesse ed i calcestruzzi un anno dopo lo scavo e l'impiantistica un anno dopo le strutture.

Ciò significa la consegna dell'opera in $6,5+2=8,5$ anni a partire dall'Ordine di Servizio.

4. IL TRACCIATO DELLE DISCENDERIE

Gli esperti approvano il tracciato delle tre discenderie previste (uno studio particolare dovrà essere sviluppato per esaminare, alla quota dei tunnels, i raccordi delle due bretelle della discenderia di La Praz).

Come precedentemente detto si raccomanda una seconda discenderia specificamente dedicata alla Stazione di Modane.

Questa discenderia, e di conseguenza, l'attacco Ovest reso possibile a Modane, eviterebbe lo spostamento di La Praz verso Est (variante prospettata da TSE) per limitare il tempo di realizzazione del tronco C.

5. LE GALLERIE PER INDAGINI - PRIORITA' DI REALIZZAZIONE

Gli obiettivi e di livelli di priorità delle gallerie per indagini indicati dalla Direzione di progetto in occasione della riunione LTF – TSE del 4.6.2002 hanno formato oggetto di un riesame da parte degli esperti, che ha condotto alle seguenti raccomandazioni.

Attacco da St Julien

Si auspica una galleria da 700 a 900 m per indagare la natura del conoide, la presenza e la dimensione dei blocchi e le condizioni idrogeologiche, fino al contatto con la roccia in posto, incluso lo stesso contatto. Questa galleria permetterebbe di trattare il terreno qualora ciò si dimostrasse necessario in rapporto al metodo di scavo, che potrebbe quindi essere scelto secondo criteri di ottimizzazione. Priorità 1.

Cod.	<u>Metodi di scavo delle gallerie e tempi di realizzazione</u>	COMITATO DEGLI ESPERTI
28/10/2002	PRIMO RAPPORTO DEGLI ESPERTI	

St Martin Ovest

La galleria prevista di 1500 m è del tutto giustificata per indagare l'houiller produttivo (comportamento geotecnico, convergenze, gas e potenziale grisutoso), i contatti potenzialmente acquiferi e, in parte, la serie carbonatica (presenza di carsismo). Priorità 1.

La Praz Ovest

La galleria prevista per 2000 m di lunghezza ha lo scopo di consentire una valutazione diretta del rischio di forti venute d'acqua nell'houiller fratturato, che la campagna integrativa del 2002 sembra aver confermato, e come corollario permettere il trattamento dei terreni.

Resta pure da chiarire il problema dell'anomalia termica. La priorità 1 attribuita da LTF è adeguata.

Modane Est e Ovest

L'importanza delle opere sotterranee da realizzare per la Stazione di Modane giustifica un'indagine dettagliata sulle condizioni geologiche di tutta l'area della Stazione, in particolare per l'osservazione delle fratture acquifere nei micascisti, lo studio sul comportamento meccanico delle rocce e delle tensioni naturali in sito.

La galleria prevista di priorità 2, vale a dire quella di Modane Est per 2050 m, dovrebbe avere una lunghezza sufficiente per includere tutta l'area delle opere principali, a condizione che le relative collocazioni siano ben stabilite. Priorità 1 o 2.

Venaus

La galleria di 7000 m è indispensabile per indagare i terreni da mediocri a molto scadenti della zona piemontese, con la possibilità di eventuale trattamento, nonché l'approccio al massiccio Clarea-Ambin. La finalità di questa galleria non si limita tuttavia all'indagine geologica, ma potrebbe o dovrebbe essere utilizzata per altre funzioni che è ancora necessario studiare accuratamente prima di fissarne la lunghezza ed il diametro. Priorità 1.

Cod.	<u>Metodi di scavo delle gallerie e tempi di realizzazione</u>	COMITATO DEGLI ESPERTI
28/10/2002	PRIMO RAPPORTO DEGLI ESPERTI	

ALLEGATI

ALLEGATO 2 - TABELLA SINTETICA DELLE FORMAZIONI GEOLOGICHE

(redatta da Alpetunnel)

Pk tunnel	Estensione km	Descrizione delle formazioni geologiche attraversate dal tunnel base
0-0.8	0.8 (nota 1)	La conoide di deiezione di Saint-Julien Montdenis, molto indagata, è costituito di terreni sciolti, di natura molto eterogenea con trovanti di dimensioni elevate, sede di falde sospese talora leggermente in presione (0,2 MPa).
0.8-3.6	2,8	La zona ultradelfinese, geotecnicamente favorevole, è costituita da flysch e da scisti ben conosciuti grazie all'opera idraulica EDF dell'Échaillon completamente scavata con fresa.
3.6-3.9	0.3	Il contatto maggiore alpino è costituito dal fronte pennidico. Questo contatto, esplorato solo nel lato orientale, è sottolineato da una fascia di gessi/anidriti e da brecce, in genere di scarsa qualità.
3.9-6.1	2.2	La zona subbrianzone se è costituita di una serie di pieghe in rocce carbonatiche con nucleo di Trias gessoso; essa è stata poco indagata a causa dei rilievi che rendono impraticabile l'installazione di sondaggi; le formazioni rocciose attraversate sono di media e buona qualità. L'esistenza di fenomeni carsici è stata evidenziata nei calcari del Dogger all'estremità orientale della zona. Per estrapolazione, è possibile che l'insieme di questi calcari sia parte di un sistema carsico con rischi di forti venute d'acqua.
6.1-6.6	0.5	Il fronte del Houiller è costituito da rocce di bassa qualità attraversate dai sondaggi, esse sono caratterizzate dalla prevalenza di facies scistoso carboniose (circa 60% di cui da 2% a 3% di carbone) e arenacee medio-fini (circa il 25%) e da orizzonti e livelli tettonizzati (circa il 15%). A livello idraulico non si prevedono significative infiltrazioni alla quota del tunnel.
6.6-20.1	13.5	Su questa grande estensione l'Houiller brianzone se, poco indagato con sondaggi è di fatto molto complesso strutturalmente e suddiviso in : <ul style="list-style-type: none"> • Houiller "produttivo" di bassa qualità, su circa 1,3 km in lato occidentale e per 1 km sul lato orientale, caratterizzato da una leggera prevalenza delle facies arenacee medio-fini (circa il 50%) sulle facies scistoso carboniose (circa il 40% di cui probabilmente, meno del 3% di carbone) e da una significativa presenza di livelli tettonizzati (10%). • Houiller "sterile", di bassa qualità, caratterizzato da una netta prevalenza delle facies arenacee medio-grossolane (circa il 75%) sulle facies scistose (circa il 20% di cui un'infinitesima parte di carbone) e da una bassa percentuale di livelli tettonizzati (5%) (Nota 2). <p>Da un punto di vista idrogeologico, i terreni del Houiller sono poco permeabili ma l'insieme del massiccio può essere interessato da strutture tettoniche idrologicamente attive (pressioni e portate da medie ad elevate). Nel settore di La Praz è stata rilevata un'anomalia termica.</p>
20.1-23.6	3.5	La zona brianzone se (Vanoise) è caratterizzata dal cosiddetto " accidente di

Pk tunnel	Estensione km	Descrizione delle formazioni geologiche attraversate dal tunnel base
		<p>Modane-Chavière" che è costituito da una serie isoclinale di formazioni triassiche la cui struttura geologica regionale è bene conosciuta, ma la cui complessità in dettaglio non ha potuto essere precisata alla quota del tunnel dalle sole indagini fino ad oggi realizzate.</p> <p>Il timore espresso all'inizio degli studi di un unico acquifero circolante all'interno di tutte queste formazioni non sembra confermato dai primi risultati acquisiti. Le strutture acquifere sembrano isolate da faglie. Tuttavia, sono necessari complementi di studi e indagini sia con sondaggi che con le gallerie geognostiche.</p>
23.6-29.6	6	<p>Il brianzonese silicatico, oggetto di numerosi sondaggi, è costituito da una serie di formazioni triassiche (micascisti, quartziti, dolomie e breccie dolomitiche) e dallo zoccolo cristallino della Vanoise, in generale di media e buona qualità malgrado una tettonica complessa. Il progetto attraversa quasi esclusivamente i micascisti.</p> <p>Nella zona delle opere sotterranee di servizio e di sicurezza di Modane, l'insieme degli studi ha portato a proporre il modello idrogeologico seguente :</p> <ul style="list-style-type: none"> • un acquifero superficiale principale di versante probabilmente in relazione a valle con la falda dell'Arc, localizzato nelle quartziti, nelle breccie dolomitiche e nei gessi, con scorrimenti rapidi e portate elevate ma basse pressioni; • un acquifero intermedio localizzato nella zona di transizione tra le quartziti e i micascisti, permeabilità per fratturazione alta a basse coperture progressivamente bassa in profondità ma con pressioni crescenti; • un acquifero profondo localizzato nei micascisti, da assumersi come impermeabili, principalmente per fratturazione (faglie a forte pendenza Nord Ovest a spaziatura di circa 50 m), e presenza di acque mineralizzate, a forte pressione (fino 8 MPa) ma a bassa trasmissività.
29.6-33.4	3.8	<p>La zona piemontese dei calcescisti sovrasta la copertura triassica e il brianzonese costituito da dolomie e da anidriti di media e buona qualità. Sebbene numerose incertezze geologiche e tettoniche rimangano in questa porzione del tracciato, i risultati delle indagini dimostrano una litologia a carbonati dominanti ed un contesto idrogeologico favorevole.</p> <p>La supposta discontinuità "dell'Arc", temuta, è stata esplorata dal sondaggio direzionale di Avrieux. Essa consiste in un contatto dolomie/anidriti per faglia con una trasmissività di circa 1-5 m²/s determinando portate in asse al progetto valutate in 5 l/s.</p>
33.4-51.7	18.3	<p>Il massiccio cristallino dell'Ambin. La parte occidentale del Massiccio dell'Ambin è stata esplorata con sondaggi, in particolarmente con il sondaggio direzionale di Étache, che ha permesso di meglio definire il profilo geologico.</p> <p>L'assenza di una discontinuità tettonica all'interno dei micascisti (riscontrata nei lavori EDF) e l'assenza alla quota del progetto dello zoccolo dell'Ambin sono state confermate dal sondaggio direzionale di Étache.</p> <p>La parte più profonda del massiccio cristallino di Ambin è costituita da micascisti di buona qualità; occorrerà tenere conto dei problemi di resistenza dei terreni per le forti coperture (fino ai 2500 m) come pure delle temperature elevate, fino a 40 a 50°C per più di tre chilometri.</p> <p>Per quanto riguarda il versante orientale del massiccio d'Ambin, è stato</p>

Pk tunnel	Estensione km	Descrizione delle formazioni geologiche attraversate dal tunnel base
		attraversato da diversi sondaggi, nonché dai lavori per l'opera idraulica di Pont Ventoux. Le formazioni incontrate sono di media qualità.
51.7-52.6	0.9	La zona piemontese interna, nel settore di imbocco del tunnel, è costituita da calcescisti molto tettonizzati di cattiva qualità; ciò determina la necessità di uno scavo con esplosivo. (Nota 3)

NOTA 1 - Sui 6 primi chilometri, il progetto di tunnel può essere influenzato dal livello di base dell'Arc. In effetti, la differenza di quote è di circa 100 m; il progetto potrebbe attraversare eventuali forre glaciali sepolte;

NOTA 2 - Le misure sui gas che potrebbero essere intercettati corrispondono al grisou misto (metano e biossido di carbonio). Occorre notare che, in questo tipo di problematiche, l'emanazione grisoutosa verso le opere sotterranee è relativamente lenta, tuttavia presenta rischi potenziali non trascurabili.

NOTA 3 - I due ultimi chilometri, a causa del drenaggio del massiccio generato dalle opere idroelettriche di Pont Ventoux realizzate per conto di A.E.M., potrebbero essere totalmente al di sopra della falda del massiccio

Pk tunnel	Estensione km	Descrizione delle formazioni geologiche attraversate dal Tunnel di Bussoleno
0-2.75	2.75	La zona piemontese interna è costituita di calcescisti da media a buona qualità.
2.75-11.0	8.25	Il massiccio Dora Maira e la sua copertura mesozoica è stata poco esplorata dai sondaggi. Il contatto della copertura del massiccio del Dora Maira, rappresentato da calcari dolomitici, con il basamento costituito da gneiss e micascisti, non è riconosciuto con certezza e precisione. Questo contatto, con possibili fenomeni carsici, potrebbe determinare venute d'acqua significative e rocce di qualità bassa. Il settore di basamento formato da gneiss e da micascisti dovrebbe essere intercettato per circa 2,5 km.
11.0-12.0	1.0	Il conoide di deiezione del Rio Prebech, parzialmente indagato con sondaggi, è costituito da detriti sciolti e grossolani. con matrice principalmente sabbiosa-limosa, ed eventuali trovanti.

Allegato 3 - METODI DI SCAVO - TEMPI DI ESECUZIONE

Redatto da CDE
28.10.2002

St. Julien	St. Martin	La Praz Ovest	Modane	Venaus
TRONCO A St. Julien - St. Martin Km 7,4	TRONCO B St. Martin - La Praz Ovest Km 9,55	TRONCO C La Praz Ovest - Modane Km 11,5	TRONCO D Modane - Venaus Km 24,2	

Ovest	Est
TRONCO E Galleria di Bussoleno Km 12,0	

