© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare

# *HUR SKA MAN FÅ BILISTEN ATT VÄLJA TUNNELALTERNATIVET ?*

Örjan Sjöström, ROCK TEAM AB

Magnus Bergman, Itasca Geomekanik AB

## *Inledning*

I mer än 6000 år har människan byggt och utnyttjat tunnlar för olika ändamål, alltifrån att skydda sig och till att transportera sig och sina varor.

I och med bilens inträde på världsmarknaden för 100 år sedan har utbyggnaden av vägnäten i form av vägar, vägtunnlar och broar ständigt accelererat. I I-länder med mycket hög biltäthet tenderar just andelen vägtunnlar och broar att bli ett dominerande inslag i de allt mer komplexa trafiklösningarna. Detta i syfte att öka och i många fall överhuvudtaget möjliggöra framkomligheten i storstadsregioner med ständigt ökande trafikbelastningar.

Det är uppenbart varför lokalisering av biltrafiken till vägtunnlar särksilt i stadsmiljö är en tilltalande lösning på många tätortsproblem såsom trängsel, luftföroreningar och avgaser, buller, dålig ytnyttjningsgrad av marken och negativ inverkan på miljön för gångtrafikanter.

Planering och utformning av vägtunnlar innebär dock att många, delvis motstridiga intressen måste bedömas och sammanvägas, såsom:

-Regionen som skall betjänas

-Stads- och trafikplanerare

-Byggnads- och anläggningsansvariga

-Berörda kommuner och ägare till mark och fastigheter

-De som betjänar och underhåller tunnlarna

-Förare som är bekanta med staden och vägnätet

-Förare som är obekanta med staden och vägnätet.

Vägtunnlarna planeras och utformas med beaktande av de flesta av dessa aspekter, men slutresultatet blir en kompromiss. Det är lätt att förarens behov kommer bort i den svåra avvägnigen mellan motstridiga intressen i planeringsprocessen.

Att utforma en bra och säker tunnelmiljö är dock nödvändigt och kostar endast några få procent av totalbudgeten. Detta har dock en avgörande betydelse för hur brukaren uppfatar miljön i tunneln, det är ju den han ser och kommer i kontakt med.

© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare

## Tunnelmiljöns inverkan på föraren

Att förlägga en väg i tunnel är inget självändamål. Har man valmöjlighet bygger man inte under mark, men funktionella, ekonomiska, miljömässiga och/eller säkerhetsmässiga skäl leder ofta till en tunnellösning. För en vägsträcknig som skall korsa en bergkam eller ett vattendrag eller dras genom ett bebyggt område med begränsad tillgång på mark kan en tunnellösning ofta var det mest attraktiva alternativet.

Det finns i sådan fall en självklar drivkraft, som motiverar föraren till att köra i vägtunneln oberoende av enventuella obehagskänslor eller negativa reaktioner visavi undermarks-vistelse.

Har man inget vettigt alternativ, som t ex vid en tunnelförbindelse mellan en ö och fastlandet eller genom en bergskedja, kör man i tunneln oavsett vad man tycker.

Belöningen eller moroten kan vara tidsvinst, att unvika hala och slingriga alpvägar, eller att undvika trafikstockningar.

Vid planering och utformning av vägtunnlar i stadsmiljö, måste man beakta att förarna har alternativa körvägar ovan mark. Den naturliga drivkraften som berörs ovan är inte lika självklar. Vill man locka förare att välja tunnelalternativet måste tunnlarna utformas så att de upplevs som en positiv del av transportapparaten.

## *Trafikantundersökningar, Arlbergtunneln*

Det finns veterligen inte många representativa undersökningar när det gäller människors upplevelser av en vägtunnel.

Nedan följer ett referat från den undersökning som genomfördes i augusti 1989 vid den 14 km långa Arlbergtunneln i Österrike (Serrano och Blennemann 1992).

Arlbergtunneln är den näst längsta vägtunneln i världen, endast St Gotthard-tunneln, med sina 16,3 km, är längre.

Tunneln är 10 m bred totalt, med ett körfält i vardera riktningen, 3,75 m breda.

Hur Arlbergtunneln ser ut framgår av figur 1. Väggarna består av betong, som från början var målade med ljusgul färg. Efter 10 års tjänst fanns nästan ingen ljushet kvar, pga smuts och sot, och från nötning från rengöringen.

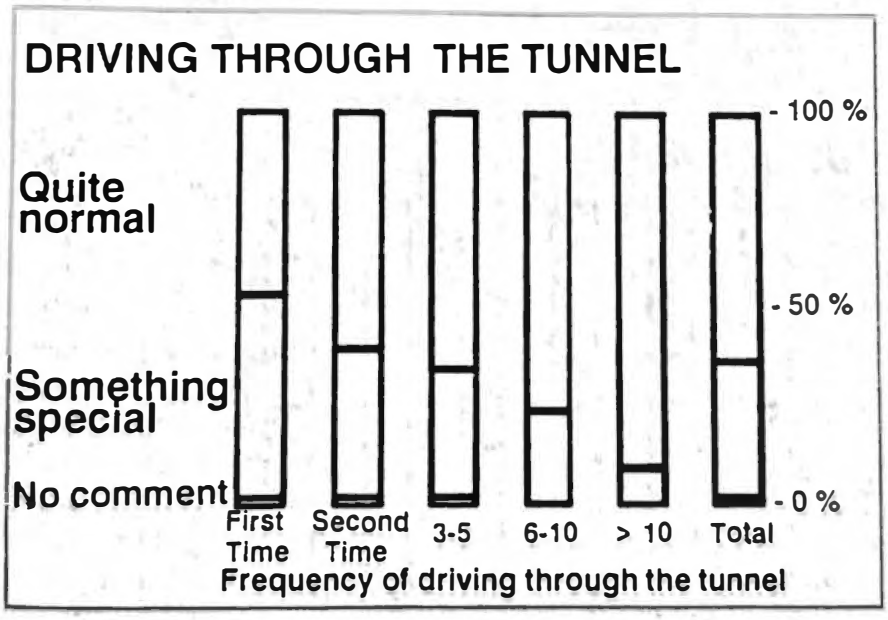
Ca 50 % av de intervjuade använde tunneln för första gången, ca 20 % hade aldrig åkt genom en längre vägtunnel tidigare.

© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Figur 1. Arlbergtunneln, Österrike (Efter Serrano et al)

I medeltal 60 % ansåg färden genom tunneln vara "helt normal", medan ca 40 % tyckte att det var "någonting särskilt", se figur 2.

Bland de som passerat tunneln mer än 10 gånger tyckte ca 10 % att det fortfarande var något speciellt att åka i denna långa tunnel.

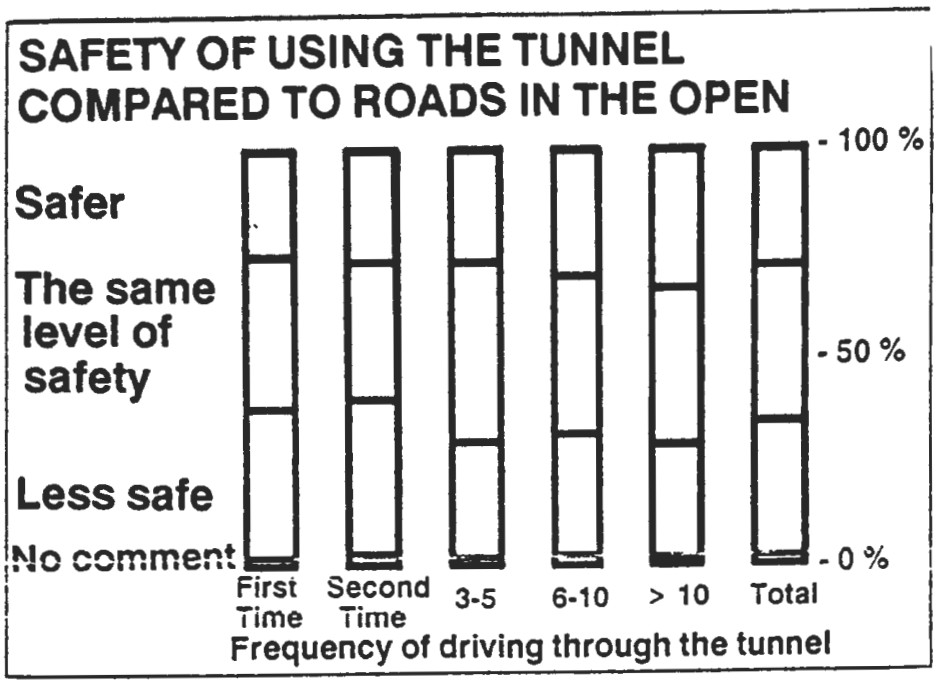



Figur 2. Allmän uppfattning av att köra genom tunnlar (Fråga: Uppfattar Ni en sådan färd genom tunnel som helt normal eller som något ganska speciellt?). Efter Serrano et al.

Bilisternas uppfattning av säkerheten vid färden genom tunneln jämfört med en vanlig väg framgår av figur 3.

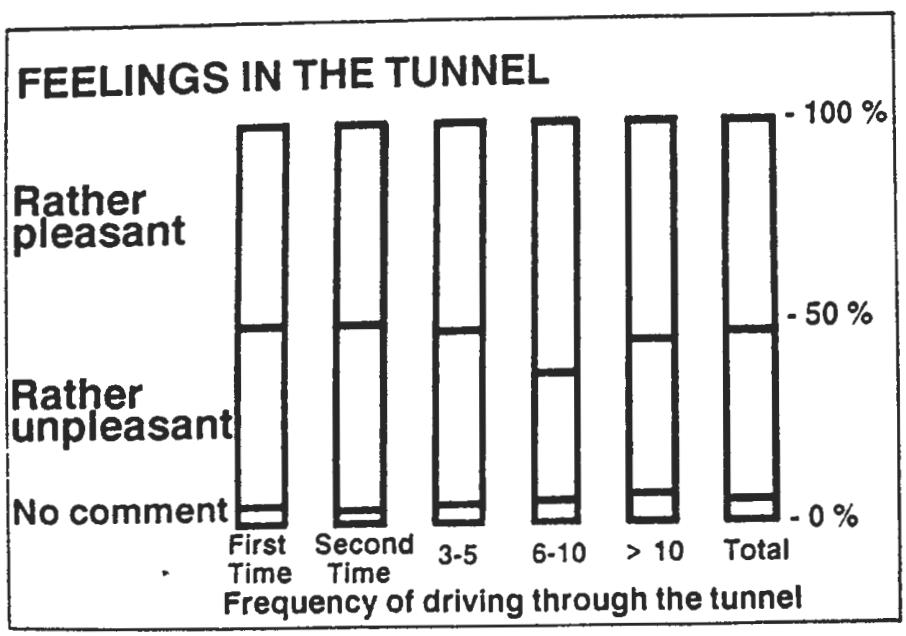
© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Ca 30 % tyckte det var säkrare, ca 40 % lika säkert, och ca 30 % att det var mindre säkert.




Figur 3. Förarens uppfattning om säkerheten vid färd genom Arlbergtunneln jämfört med väg i öppen terräng. (Fråga: Vilken är Er uppfattning om säkerheten i tunneln jämfört med andra jämförbara vägar i öppen terräng?) Efter Serrano et al.

På frågan om man upplevde färden genom tunneln som ganska behaglig eller obehaglig svarade närmare 40 % att dom tyckte det var obehagligt, se figur 4.




Figur 4. Personlig upplevelse av färden genom tunneln (Fråga: Upplevde Ni färden genom tunneln som ganska behaglig eller ganska obehaglig?). Efter Serrano et al.

© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Skälen för att man tyckte det var obehagligt var:

| | |
|---|---|
| -Dålig luft i tunneln | 40% |
| -Tröttande, tråkig färd genom tunneln | 21% |
| -Dålig belysning, mörker i tunneln | 18% |
| -Smala filer/trång tunnel | 15% |
| -Känsla av instängdhet | 14% |
| -Tunnelns längd | 8% |
| -Säkerhetsaspekter | 8% |

Ca 60 % av de resande efterlyste förbättringar. Av dessa ville 31 % ha ljusare väggar, 18 % bättre belysning, 23 % bättre ventilation, 11 % fler nödutgångar och möjlighet till parkering , 11 % bredare körfält , 3 % bättre skyltning , och 3 % högre hastighet .

Således efterlyste ca 50 % bättre belysning/ljusare väggar, 23 % bättre ventilation och ca 40 % nämnde detaljer som hade med säkerhet och trafikflöde att göra.

Ca 30 % nämnde att körfälten var för smala och att tunneln var för trång.

Bara hälften var medvetna om att tunneln var övervakad via tv-kameror.

Om tunneln skulle kunna göras ljusare och större, skulle med andra ord negativa omdömen och reaktioner minska avsevärt.

*Trafikföring och olycksfrekvens i vägtunnlar*

Rätt utförd är en tunnel säkrare att färdas i än på en väg eller bro.

Olycksfrekvensen är lägre än på den öppna vägen. Oftast inträffar olyckorna vid mynningarna. Om tunneln har stora gradienter ökar olycksfrekvensen om föraren inte uppfattar stigningens branthet. (Hanreich et al., 1986).

Bidragande till den låga olycksfrekvensen är hastighets-begränsingar, förbud mot omkörning, inga korsningar, förbud att stanna, likartad omgivning och ingen väderpåverkan Förarens beteende påverkas av ett flertal faktorer och av externa förhållanden på olika sätt. Föraren är en central figur i detta.

© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare

## *Potentiella problem förenade med körning i tunnlar*

En färd genom en längre vägtunnel kan vara förbunden med följande potentiella problem:

- Känsla av instängdhet eller klaustrofobi
- Rädsla för att bli innestängd
- Svårt att orientera sig
- Brist på kontakt med markytan
- Negativ uppfattning om staden eller bist på sådan
- För snabb omställning vid inträde i tunneln
- Reducerad sikt pga av mörker
- Reducerad sikt pga geometriska förhållanden
- Monoton omgivning
- Den valda inredningen kan vara distraherande
- Reducerad sikt pga bristfällig rengöring av belysning och synliga ytor

## *Vägtunnlar anpassade till förarens behov*

Även om det finns begränsad information i detta specifika hänseende har man med framgång applicerat erfarenheter och kunskap om allmän undermarksplanering på vägtunnlar i stadsmiljö (Carmody 1992).

Följande tillvägagångssätt föreslås av Carmody för att indentifiera problemen, ställa upp mål för planerings- och utformningsarbetet och slutligen utveckla lösningar och möjliga designstrategier för att nå det uppsatta målet - vägtunnlar anpassade till förarens behov.

## *Målsättning vid utformning av vägtunnlar*

För att kompensera den negativa inverkan av tunnelväggarnas påträngande närhet, strävar man rent allmänt efter att skapa en lungnade känsla genom sammanhängande och varierande utförande med hjälp av ljus och rymd i tunnlarna. Detta kopplat till generella insatser för att hjälpa förarna att lokalisera sig utgör den övergripande målsättningen när det gäller planeringsarbetet.

© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Vid sidan av dessa generella mål kan även några detaljmål identifieras i syfte att lösa problemen ovan:

Utförandet bör hjälpa föraren att lokalisera sig, genom att

- Skapa en distinkt bild av tunnelsystemet
- Skapa in- och utfarter som är enkla att hitta och känna igen
- Utför tunnelmynningar och utfarter enligt enkla och lättförståeliga mönster
- Förknippa in- och utfarter med välkända gator och stadsdelar
- Utför mjuka övergångar vid in- och utfarter
- Skapa om möjligt visuell kontakt med ytan
- Skapa känsla av rymd och ljus
- Skapa variation och stimulans
- Ordna ett system med tydlig information för orientering
- Utför synlig och tydlig information om nödutgångar och säkerhetssystemet.

*Projekteringsstrategi*

Man kan applicera två parallella projekteringsstrategier när det gäller att möta de ovan nämnda utformningsmålen: En stategi som inriktar sig på det övergripande tunnelsystemet, och en strategi som inriktar sig mot detaljutformning.

Detta skall inte ses som absolut fixa regler, utan som en arbetsmodell

I Projektering med hänsyn till generell utformning:

- Dela långa tunnlar i ett antal korta, om möjligt
- Utnyttja öppna skärningar för att ge omväxling och glimtar av landmärken på ytan där så är möjligt
- Undvik kurvor och komplex geometri
- Begränsa antalet in- och utfarter
- Förenkla utformning av in- och utfarter

© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare

- In- och utfartsramper bör förläggas ovan mark

II Projektering med hänsyn till detaljutformning:

- Vidga tunneltvärsnittet
- God belysning
- Använd vitt eller naturligt färgat ljus
- Välj ljusa ytbekädnader på tunnlarnas inre, synliga ytor
- Använd ljus för att skapa mjuk övergång vid infarter
- Använd färg, mönster, ytstruktur och ljus för att skapa variation och stimulans utan att distrahera
- Använd färg, mönster ytstruktur och ljus för att markera tunnelzoner, in- och utfarter eller landmärken ovan mark
- Ge klar och tydlig information om riktningar och säkerhetssystem
- Utforma tunnelmynningar för mjuk omställning och för skapar en minnesbild av tunnelsystemet.

*Sammanfattning*

Det är mycket viktigt att ta hänsyn till föraren vid projektering av tunnlar, av flera skäl:

- Utförandet påverkar hans förmåga att "navigera" och orientera sig.
- Utförandet (yttre/inre) influerar hans bild av staden i stort
- Utförandet påverkar säkerheten i vid mening

Utförandet påverkar förarens acceptans av tunneln och därmed tunnelprojektets resultat.

Oberoende av tunneln längd är den yttre och inre utformningen av tunneln väsentlig. Utformningsaspekten blir alltmer dominerande vid tilltagande tunnellängd och ökande komplexibilitet hos tunnelsystemet.

Man får inte nödvändigtvis en bra undermarksdesign för att man slaviskt följer en speciell checklista. Ett lyckat resultat

© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare

beror mer på att ett flertal kreativa dellösningar sammanvävts till en helhetslösning.

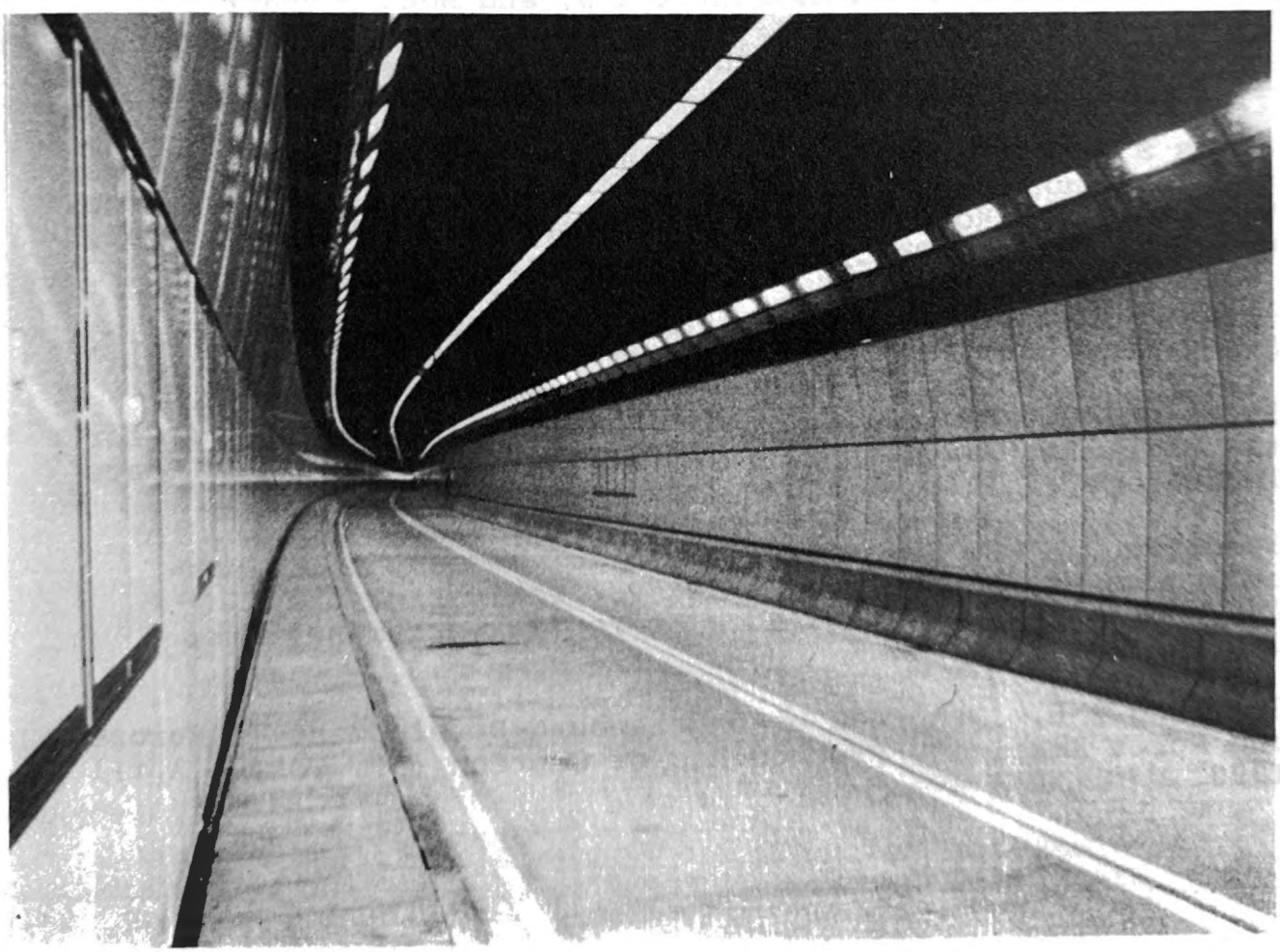
För de betalvägar med tunnlar som nu planeras i våra större städer är det av avgörande betydelse att bilisterna väljer att använda tunneln, i annat fall håller inte den ekonomiska kalkylen.

Att utforma en bra och säker tunnelmiljö är nödvändigt och det kostar endast några få procent av totalbudgeten. Detta har dock en avgörande betydelse för hur brukaren uppfattar miljön i tunneln, det är ju den han ser och kommer i kontakt med.

I fråga om betaltunnlar bör finansiärens och förarens synpunkter om att tillhandahålla en bra tunnelmiljö sammanfalla. Vem vill frivilligt betala för något som är frånstötande?

I en stad har ju föraren alltid andra alternativ. Mellan t ex en ö och fastlandet är tunneln däremot oftast det enda alternativet. Föraren har ingen valmöjlighet.

En ljus och rymlig vägtunnel upplevs positivt av föraren, figur 5. Rätt utformad är en vägtunnel ett positivt inslag i trafikmiljön utan att skapa nya problem.



Figur 5. Junk Bay betaltunnel, HongKong (Fotot från Resfog AB)

© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare

## REFERENSER

Bergman, Magnus, Editor, "Subsurface Space." Proceedings of the International Symposium, Rock Store 77. Pergamon Press, September 1977.

Bergman, Magnus, Editor, "Subsurface Use." Proceedings of the International Symposium, Rock Store 80. Pergamon Press, June 1980.

Carmody, J C, "Road Tunnel Design from the Driver's Point of View", Seminar, Stockholm, April 10, 1992.

Carmody, J C and R L Sterling, Underground Building Design, Van Nostran Reinhold, 1983

Carmody, J C and R L Sterling, "Design Strategies to alleviate Negative Psychological and Physiological Effects in Underground Space", Tunnelling and Underground Space, Vol 2, No 1, Jan - Mar. 1987

Dowding C H, "Seismik stability of underground openings", Subsurface Space. Proceedings of the International Symposium, Rock Store 77. Pergamon Press, September 1977.

Hanreich G, Lukaschek H, Schrefel J, and Hopferwieser W, "Einfluss der Tunnelbelechtung auf die Verkehrssicherheit", Bundesministerium für Bauten und Technik, Strassenforschung, Heft 304, 1986

Jones S T, and Fudger G, "Planning and design considerations for road tunnels; the influence of operation and maintenance." Transport and Road Research Laboratory Contractor Report 41. Crowthorne, U K, TRRL, 1987

Jansson, Birger and Winqvist, Torbjörn, "Planning of Subsurface Use", BFR, D7:1977

Serrano J M, and F Blennemann, "Motorist Behaviour Study for the Gibraltar Road Tunnel", Tunnelling and Underground Space Technology, Vol 7, No 1 Jan 1992.

Sjöström Ö, "The use of shotcrete for permanent linings underground", Subsurface Space. Proceedings of the International Symposium, Rock Store 77. Pergamon Press, September 1977.

Sterling R L, "Progress of Underground Development in Europe and North America", Proceedings of Geotech '90, Tokyo, April 1990.

© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare

# ACTIVE TUNNEL DESIGN

## *A short Presentation*

Active Tunnel Design is a systematic construction management tool for tunnels and underground caverns based on

- geological and rock mechanics mapping in a standardized manner, adapted to the part of the actual tunnel with basically the same geology.
- rock quality designation using the rock mechanics data and a combination of rock classification systems, supplemented by convergence and rock pressure measurements and Distinct Element Analysis, if required.
- support decision for the initial and final support after each round with time limits for its execution and specification for next advance.

Active Tunnel Design gives the Client, Consultant and Contractor all the facts and details they need for the tunnelling in an un-dramatic way and gives the basis for payment.

Active Tunnel Design gives safer tunnelling with earlier completion and virtually no disputes.

Active Tunnel Design has been successfully used on some 30 tunnels including the following projects:

- Pattani Multipurpose Project, Thailand. Poor shales, sandstones and quartsites.
- Barrage Bourguiba Flood Regulation Project, Tunisia. Weak rocks of marne, limestone and cemented sand.
- Riyadh Storm Water Drainage Project, Saudi Arabia, Two tunnels in calcareous breccia and limestone.
- Asir Water Transmission Facility Project, Saudi Arabia. Five tunnels in rock from poor shales to hard granite.
- Mtera Hydro Power Project, Tanzania. Phyllites, greenschists, metasediments and granites, incl swelling clay.

Being a highly efficient alternative to the NATM, and in addition solving the daily production and support questions, Active Tunnel Design in highly appreciated by Clients, Consultants and Contractors.

Active Tunnel Design — A T D — is a trade mark registered by Rock Team AB, Sweden. Patents applied for. Licences available.

**Rock Team**

Cervins väg 71, 163 57 Spånga, Sweden
Tel 08-761 51 33, Telex 12442 Fotex S, Fax 08-36 62 42.