

# Riskbaserad beslutsmodell för tunneldrivning i jord och dåligt berg

## Bakgrund

Erfarenheter visar att många tunnelprojekt inte varit möjliga att genomföra inom planerad budget och tidsram, ofta på grund av att den valda tunneldrivningsmetoden inte varit den mest lämpade för det specifika fallet. Svårigheterna ligger i att valet av tunneldrivningsmetod måste ske tidigt i projektet och att byte av metod under projektets gång leder till stora kostnadsökningar.

Valet står ofta mellan helt mekaniserad drivning med fullortsmaskiner (TBM) eller sköldade maskiner respektive konventionell drivning. Innan det definitiva valet sker är det viktigt att kunna bedöma de risker som detta val medför utifrån en beslutsmodell som medger ett helhetsperspektiv. Beräkning av normalkostnader, där hänsyn endast tas till normal drivbarhet, är inte tillräckligt som beslutsunderlag. Modellen bör kunna ta hänsyn till möjliga kostnadsökningar som uppkommer på grund av risker och variationer i drivbarheten. Det är även viktigt att ha en modell som tar hänsyn till ändringar i drivbarheten vid användande av robusthöjande åtgärder hos drivningsmetoden.

## Syfte

Syftet med forskningsprojektet har varit att utveckla en riskbaserad beslutsmodell för val av tunneldrivningsmetod som kan förbättra möjligheterna att bygga en tunnel med god kvalitet till minimala kostnader.

## Genomförande

Arbetet har utförts av Skanska Sverige AB i samarbete med Avdelningen för Jord- och Bergmekanik, KTH, med finansiering från SBUF, SveBeFo och Banverket.

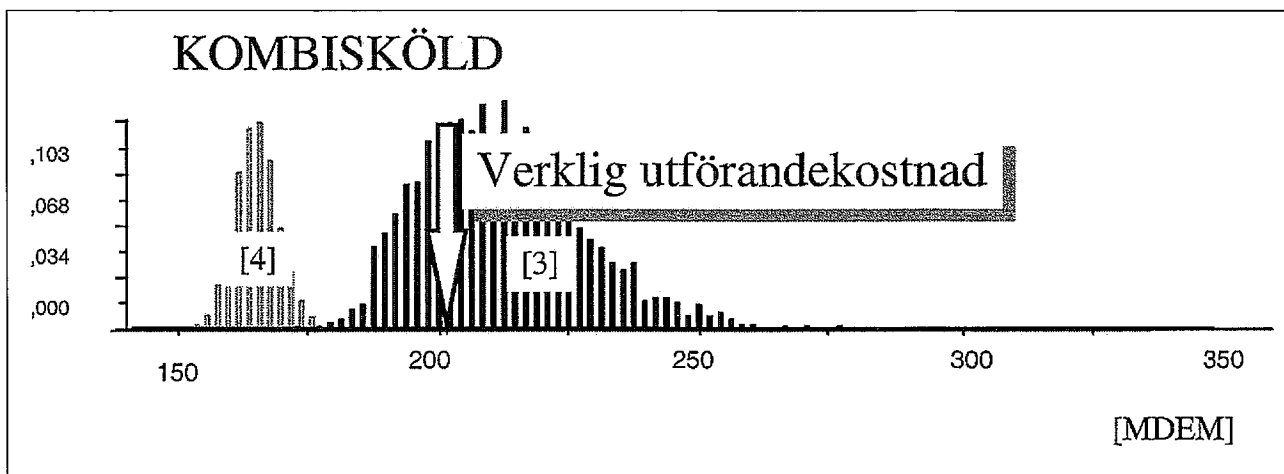
Utgående från risk- och sannolikhetsteori har en beslutsmodell utvecklats som möjliggör jämförelse mellan olika tunneldrivningsmetoder och som tar hänsyn till hur olika geologiska faktorer påverkar drivningen. För att demonstrera användningen av modellen har den tillämpats på Grauholztunneln (färdigställd 1993) i Bern, Schweiz, för vilken tre olika sköldmaskintyper för drivning av tunneln har jämförts.

## Resultat

Den utvecklade beslutsmodellen kan användas för beräkningar av sannolika alternativkostnader för olika typer av tunnelprojekt.

I modellen delas den studerade tunneln in i geologiska zoner med likartade geologiska förhållanden. För varje geologisk zon indelas framdriften i ett antal drivbarhetsklasser som beskriver framdriften hos den studerade drivningsmetoden (t ex låg, normal eller hög). Indelningen i drivbarhetsklasser görs med hjälp av sannolikhetsteoretiska beräkningar, baserade på geologiska faktorer som har betydelse för framdriften hos den studerade drivningsmetoden.

För varje drivbarhetsklass kan sedan kostnaden för tunneldrivning med den studerade metoden beräknas. För att möjliggöra en separat riskstudie har kostnaderna uppdelats i normalkostnad och riskkostnad. Riskens uttrycks i detta fall som sannolikheter för och konsekvenser av oönskade händelser och varierar beroende på drivbarhetsklass samt geologiska och maskinanknutna faror.



Resultat av simuleringen av kostnader för utförandet av Grauholtztunneln med kombisköld utan [3] respektive med [4] robustgörande åtgärder.

Den totala kostnaden för en drivningsmetod beräknas genom en summering över hela tunneln av normalkostnader och riskkostnader. Vissa i kostnadsberäkningen ingående parametrar, till exempel framdriften, uttrycks som stokastiska variabler vilket gör att en Monte Carlo-simulering av de förväntade kostnaderna kan utföras.

Då modellen tillämpades på Grauholtztunneln visade beräkningen av de sannolika kostnaderna att:

1. Kombisköldtekniken är lämplig vid drivning i såväl jord under vattentryck som i torr sandsten. Vid hög lerhalt blir dock kostnaden för separeringsarbetet omfattande.
2. EPB-sköld är känslig för blockförekomst och låg finjordshalt. Kostnaden för EPB-sköld skulle troligtvis bli lägre än för kombisköld om det vore möjligt att krossa stenblock. Med nuvarande teknik är detta dock inte möjligt. Separeringskostnader uteblir för denna maskin.
3. Öppen sköld kräver mycket omfattande dränerings- och förstärkningsåtgärder vid drivning av tunnlar med stor diameter i jord under högt vattentryck. Med denna maskin blir därför kostnaderna mycket höga.

*Ytterligare information lämnas av*  
Per Mared, Skanska Sverige AB,  
tel 08-753 80 00, eller av Therese Isaksson,  
Avdelningen för Jord- och Bergmekanik,  
KTH, tel 08-790 60 15.

Licentiatuppsatsen **Tunneldrivning med sköld - riskbaserad beslutsmodell** (av Therese Isaksson, 128 sidor) kan fås från Avdelningen för Jord- och Bergmekanik, KTH, tel 08-790 80 49, fax 08-790 79 28.