© 1998, Svenska Bergteknikföreningen och författarna/Swedish Rock Engineering Association and authors

ARLANDA- tätning- förstärkning- logistik- beständighet

Göran Manell, NCC/Banbrytarna

Under sensommaren 1997 avslutades sprängningsarbetena under jord för Arlandabanan och Banbrytarna hade därmed lyckosamt slutfört en viktig del av projektet. Det innebar att c:a 800000 m^3 berg hade sprängts ut, vilket motsvarade 8500 m spårtunnlar inklusive 3 stationer samt 13 schakt för hissar och rulltrappor.
Större delen av arbetet skedde med liten bergtäckning, stora spännvidder och i relativt dåligt berg under terminaler och ramper till en av Europas största flygplatser. Detta ställde stora krav på projektering, planering, genomförande och kontroll.
Projektet fortsätter nu med inredningsarbeten, spårläggning, installationer m.m. och Arlandabanan kommer att tas i bruk under hösten 1999.

Projektet startade produktionen i juli 1995 efter långa och svåra födslovåndor med ett politiskt rävspel på hög nivå.
Den drygt 5 km långa underjordsdelen delades in i 4 etapper: påslagen 1-4. Påslag 1 längst söderut vid motorvägen in mot Arlanda och påslag 4 vid norra ändan av bana 1.
Tunnlarna från påslagen 2 och 3 passerade under södra fraktområdet och under terminalerna. Det var här vi skulle bygga 2 stationer för Arlandaexpressen och en station för fjärrtåg och eventuellt framtida pendeltågstrafik.
Vi startade alltså med förskärningar och transporttunnlar vid påslagen 2 och 3. Landshövding Ulf Adelson startade f.ö. arbetet genom att trycka av den första tunnelsalvan.
Samtidigt med att produktionen kom igång startade också produktionen av arbetshandlingar, vilket gjordes av Linkprojektörerna (=NCC Teknik, Vattenfall Hydropower och Tyréns). På bergsidan leddes projekteringen av Lasse Hässler.
Samtidigt som vi i produktionen fick ett inflytande över tekniska lösningar, vilket var positivt, innebar det en störning att under de första månaderna ständigt bokstavligen slita ritningarna ur händerna på konstruktörerna. Sådan var situationen det första halvåret men problemen löstes efterhand.

© 1998, Svenska Bergteknikföreningen och författarna/Swedish Rock Engineering Association and authors

Organisationen på arbetsplatsen byggdes upp under hösten 1995 och vid årsskiftet 95-96 var vi uppe med full styrka med 3-skiftsproduktion på alla 4 påslagen. Sprängningsarbetena bedrevs från söndag kväll till fredag kväll med kompletterande betongsprutningsarbeten även lördag och söndag. Sprängningsarbeten kunde faktiskt utföras även nattetid med undantag för tunnelavsnitt, som låg alltför nära Sky City Hotell. Där kunde vi å andra sidan erbjuda en abrupt väckning kl 6.00 varje morgon.
Med tanke på att vi i allmänhet låg så nära terminaler och andra känsliga objekt hade vi förväntat oss stora problem med vibrationer och förkortade salvor som en följd av detta. Emellertid visade det sig att vi kunde med endast några få undantag kunde borra och skjuta med fullt djup dvs. 5 m indrift. Förklaringen till detta tror vi måste vara bergets relativt dåliga kvalitet. Glimmerskiffern hade förmågan att absorbera och släcka vibrationerna. Samtidigt gick det att med bult och sprutbetong åstadkomma stabila och säkra förhållanden. Vi brukade säga att berget var lagom dåligt.

Det var mycket viktigt att få snabba beslut hur varje salva skulle förstärkas. Vår ambition var att ligga nära fronten med permanentförstärkningen. För att få detta att fungera blev 4 Q-beroende förstärkningsklasser definierade. Ingenjörsgeologer följde produktionen dygnet runt och karterade och Q-värdesbestämde varje salva. Efter utlastning och skrotning, som genomgående var maskinskrotning med hydraulhammare alt. rivning, var förstärkningsklassen bestämd och produktionsfolket hade klart för sig vilken färdig sprutbetongtjocklek och vilket bultmönster, som gällde.
Bergförstärkningen blev en integrerad del av tunneldrivningen.
Jag vill säga att detta sätt att arbeta uppskattades av alla på arbetsplatsen. Tunneldrivarna arbetade hela tiden under säkra förhållanden och förstärkningslaget hade hela tiden full sysselsättning. Det blev ingen motsättning mellan berggubbar och förstärkare.

hade hela tiden full sysselsättning. Det blev ingen motsättning mellan berggubbar och förstärkare.

Enligt vattendom fick vi inte stadigvarande sänka grundvattennivåerna i området. Det tolkades som att en maximal inläckning av 5 l/min, 100 m tunnel kunde tillåtas.
För att klara detta bestämde vi att gå fram med generell förinjektering.

© 1998, Svenska Bergteknikföreningen och författarna/Swedish Rock Engineering Association and authors

Var tredje salva dvs c/c 15 m borrade vi 20 m långa skärmar. Skärmarna vinklades ut 4 m utanför konturen i udd och hålantalet bestämdes av det maximala avståndet i udd på 2,5 m, vilket innebar 25-30 hål per skärm.
Som injekteringsmedel valde vi Cementas ultrafina cement resp Masterbuilders Reocem 800, i båda fallen med 3% flytmedel. Vi injekterade med höga tryck: upp till 6 Mpa. Det fungerade faktiskt bra utan missöden. Inget kom vare sig upp eller ned. Tanken var att få en bättre spridning på bruket för att undvika perforering av tätskärmen med bergbultarna, som speciellt i stationerna var långa (5 m).
Prov på härdningstiden med olika cementsorter visade att Cementa Ultrafin cement har alltför lång härdningstid för att vara lämplig när man är beroende av att snabbt komma fram till fronten igen efter injektering för salvborrning.
Förbrukningen av cement var mer än normal: c:a 18 kg/bm.
Resultatet blev lyckat. Grundvattennivåerna har inte sjunkit och inläckningen ligger nu på 3-4 l/min, 100 m tunnel.
I försök att minska behovet av dräner genomförde vi några efterinjekteringar, utan alltför lyckat resultat. Det är svårt att jaga dropp. När det gäller järnvägstunnlar tillåter man inte dropp på kontaktledningar och räler. Därför blir det ganska stor omfattning på dränerarbetet. Vid en hastig okulär besiktning såg det ovanligt torrt ut på väggar och tak men när man började sätta ut för dränmattor vid varje droppställe växte mängderna till oanade höjder.
Vid stationerna var det extra viktigt att det såg bra ut då man ju också måste tänka på de framtida resenärernas komfort och trivsel.
I genomsnitt satt vi upp dräner på Arlandabanan motsvarande 15% av alla tak- och väggytor.

För att komma upp till terminalerna byggdes 10 dornlägiga- och vertikalschakt. Dessutom sprängde vi 3 räddningsschakt i mer perifert belägna delar av tunnelsystemet. Även tillfartstunnlarna kommer i framtiden att användas som räddningsvägar.
Schakten drev vi med olika metoder allt efter schaktets belägenhet: Långhålsborrning från bergöverytan, långhålsborrning från tunneln samt drivning med Alimakhiss. Alla schakten erbjöd enorma utmaningar på grund av sin belägenhet inne i byggnader, bredvid gater och flygplan.

© 1998, Svenska Bergteknikföreningen och författarna/Swedish Rock Engineering Association and authors

Under hela byggnadstiden mätte vi rörelser i berggrunden. Från markytan precisionsavvägningar och extensometermätningar; från tunnlarna konvergensmätningar.
Ett fenomen vi snart blev varse var att marken hävde sig minst 20 m framför tunnelfronten för att nå ett maximum på upp till 10 mm omedelbart över salvan för att sedan sätta sig något och stabilisera sig i ett fortvarighetstillstånd.
För att verifiera att stabiliteten är beständig kommer vi att ytterligare 2 år fortlöpande mäta markrörelserna i 20 mätpunkter.