© 2001 Svenska Bergteknikföreningen och författare

ATT SPRÄNGA VID ARLANDA FLYGPLATS – KONTROLL OCH STYRNING AV VÅR TIDS STÖRSTA ANLÄGGNINGSARBETE.

Joachim Jonson, Rauf Osterman, Curt Wichmann, Nitro Consult AB

Bakgrund

Arlanda är i dag vår tids största byggarbetsplats. Sveriges inträde i Europaunionen kräver anpassning till de nya passlagarna samtidigt som resandeströmmen ökar dramatiskt. En ny landningsbana kommer att invigas i år, samtidigt ska ett nytt trafikledningstorn tas i drift. Vidare byggs två nya terminaler, försörjnings- och körtunnlar samt rampanslutningar till den nya landningsbanan. För att klara trafiken kring flygplatsen har även det allmänna vägnätet förnyats i området.

Den totala investeringsvolymen är ca 9 miljarder kronor och fram till år 2002 kommer ca 10 miljoner ton massor att ha förflyttats.

Nitro Consult har utfört besiktning, vibrations-, buller-, och luftstötvågsmätningar, skadeutredningar, sprängningstekniskt övervakat effekten från känsliga bergschakter samt medverkat vid recipientprovtagningen vid några av dessa schakter.

Nedan följer en beskrivning över två av de projekt som Nitro Consult aktivt deltagit i.

Bergschakt för Terminal 6 Pir F

Schakten för grundläggning av Terminal 6 Pir F omfattade bl a utsprängning av ca 200 000 m^3 berg. Bergschaktet var mellan 8 och 11,5 meter djup, 400 meter lång och 40 meter bred samt en bergschakt för en tillbyggnad vars bredd är ca 50 meter och längd 100 meter. Berggrunden består av biotitskiffer och biotitgnejs med mer eller mindre uppkrossade zoner. I förskiffringsplanen fanns ofta tunna skikt av klorit. Förskiffringens orientering är nord-syd och stupar brant igenom hela schaktet.

Riskanalys

Trafikledningstornet befinner sig endast 0,5 meter från schaktgropen. Riskanalysen för sprängningsarbetenas utförande visade bl a att ATCC (Air Traffic Control Center) hade sin datahall i tornet. Hela Mellansveriges luftrum kontrollerades med hjälp av dessa datorer. Det operativa systemet befinner sig i direkt anslutning till schaktet. Systemet består av 20 operativa enheter. De närmaste var endast 2 meter ifrån schaktet. Vid dessa positioner arbetar trafikledare som var och en har ansvar för ett antal flygplan i luften. Dessa trafikledare kommunicerar kontinuerligt med flygplanen. Skulle ett haveri uppstå på dessa operativa system skulle kontakten med planen brytas, vilket skulle få katastrofala följder.

I huset finns för övrigt ett mycket stor antal datorer. RMS (Telia mobitel) är tekniskt ansvariga för systemet. Tillsammans med Telia inventerade Nitro Consult samtliga dessa datorsystem för att identifiera risker förknippade med ett haveri orsakat av sprängningsarbetena. Ett omfattande arbete visade att vibrationsisolering av systemen inte var möjligt. Den mesta utrustningen var föråldrad och hade såväl sköra kablar som

© 2001 Svenska Bergteknikföreningen och författare

lösa kretskort. Gränsvärdet för all datorutrustning i huset hade tidigare satts till 3 m/s^2. Detta accepterades inte av trafikledningen som hade anlitat egna konsulter. Gränsvärdet sattes istället till 2 m/s^2. Detta värde utgjorde ett absolut gränsvärde och inget riktmärke. En enda överskridelse och jobbet skulle stoppas. För att över huvudtaget kunna komma igång med sprängningsarbetena krävdes att vibrationsnivån höll sig i närheten av 50 % av gränsvärdet (1 m/s^2) och att salvorna skulle justeras när man fick värden som översteg 50% av gränsvärdet.

Ett omfattande program upprättades med rutiner som skulle följas inför varje salva. Programmet beskrev i detalj vilka man skulle kontakta inför varje salva och hur långt i förväg. Vidare analyserades samtliga tänkbara scenarier i samband med sprängningsarbetenas genomförande.

Slitsen

Eftersom vibrationsisolering var uteslutet krävdes dämpning av chockvågen på annat sätt för att kunna utföra jobbet. Schaktet löper parallellt med trafikledningsbyggnaden på en sträcka av ca 100 meter. Schaktet är mellan 7 och 8 meter djup intill trafikledningsbyggnaden. En slits borrades längs hela huset och ca 50 meter utifrån södra sidan av byggnaden. Det blev till slut en slits på 150 meter med ett djup på 9 till 10 meter. Slitsen var 2 meter djupare än bottenladdningen för att erhålla en bättre dämpning av vibrationerna. Den pressade tidsplanen gjorde att slitsen fick utföras av två stycken brunnsborrningsutrustningar till en början, men p.g.a. det delvis mycket dåliga berget jobbade man med fyra brunnsborrningsutrustningar dygnet runt i slutskedet. Slitsen fördjupades 1 meter ytterligare för att ge plats åt det borrkax och vatten som inte kunde pumpas ur hålet. Borrkaxet och vattnet försämrade dämpningsgraden.

Borrhålen i slitsen hade diameter 120 mm med c/c 200 mm. Därefter rymdes hålen upp genom att borra 200 mm hål mellan de första hålen samtidigt som hålen styrdes i de första hålen med en specialutrustning. Resultatet var tillfredsställande. Vid borrningen gjorde det dåliga berget att man fick stora borrhålsavvikelser samt att man ideligen fastnade med borrkronan.

Försiktig Sprängning

Sprängningsarbetet började ca 200 meter ifrån trafikledningstornet. Samverkande laddningen blev mindre ju närmare trafikledningstornet vi kom. När trafikledningstornet nåddes bestod varje salva av endast en rad som täckte hela schakt bredden ca 22 - 25 hål. Försättningen x Hålavstånd var 1,0 x 1,5 meter. Varje hål hade tre delladdningar. Tändare som användes i delladdningar var U500, U475 och U450. Upptändningen startades längst ifrån slitsen och den känsliga utrustningen. Salvan var kopplad med UB42 block i alla hål och kopplades längs en enda linje. Denna fördröjning försäkrade att inga av delladdningarna kunde samverka. Detta kopplingssätt gjorde att man lätt kunde analysera varje delladdning för sig i vibrationsmätningsinstrument UVS 1500's tidfördröjning "time history". Genom att notera all data om varje delladdning, kunde orsaken identifieras till det högsta utslaget i salvan och justera den till nästa salva.

© 2001 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Några viktiga punkter som visade sig påverka utbredningshastigheten förutom bergets egenskaper och samverkande laddningar var:

- *Hålavvikelse.* Detta förbättrades avsevärt med användandet av styrstänger.
- *Håldjup och delladdningens djup.* Det visade sig att små hålavvikelser runt 20 – 30 cm kunde påverka utslaget. Problemet eliminerades genom att varje hål och delladdning mättes noggrant genom markeringar på en luftslang.
- *Berg, borrkax och vatten i slitsen.* Detta kunde påverka utslaget genom att slitsens verkningsgrad (som bäst 91 %) försämrades. Problemet minskades genom att man försökte hålla rent slitsen genom en pump och en ejektor. Slitsen gjordes 1 meter djupare så att allt kvarvarande berg och borrkax som inte kunde tas ur slitsen inte inkräktade på slitsens djup.
- *Täckning av salvor.* Genom att gräva bort allt berg från föregående salva kunde man försäkra sig att man hade fått med sig hela botten i salvan. Det uppluckrade berget lades framför pallen halvvägs upp och i så brant lutning som möjligt för att minska motståndet.

Slitsens Verkningsgrad

Genom att montera upp en givare på var sin sida av slitsen mellan 5 – 10 meter bakom salvan kunde man mäta slitsens verkningsgrad. Observera att detta gäller endast verkningsgraden intill slitsen. Av 21 st salvmätningar var högsta uppnådda dämpningseffekten av slitsen 91 % och lägsta uppnådda dämpningseffekten 20 %. I snitt var dämpningsgraden 60 %. Dämpningsgrad under 40 % nåddes endast vid 3 efter varandra följande tillfällen och berodde på att man inte kunde borra slitsen till fullt djupt intill dessa salvor. Den stora variationen i slitsens verkningsgrad berodde till stor del på slitsens djup och mängden berg , borrkax och vatten i slitsen.

Bästa verkningsgraden i en och samma salva fick man på hålen intill slitsen och av mätningar intill slitsen. Sämsta dämpningsgraden fick man av hålen längst ifrån slitsen och av mätningar längre ifrån slitsen. Dock beroende på avståndsfaktorns motsatta effekt blev utslagen rätt jämna.

Försörjningstunnlar, Arlanda

I början av 1970-talet drevs tunnlar på Arlanda för att försörja de dåvarande utrikes och inrikesterminalerna med vatten, avlopp, kraft, tele och fjärrvärme. Tunnlarna är 750 meter långa med en area på 20 m^2 och ligger på en nivån ca 10 meter under markytan. Bergöverytan på Arlanda ligger på ca +30. I samband med att terminal 2, 4 och Sky City byggdes under 1980-talet sprängdes fortsättningen på försörjningstunnlarna. Dessa tunnlar är 650 och 1650 meter långa och har arean 20 m^2 Den totala längden av tunnlarna är ca 3 km.

I maj 1999 gick arbetet igång med de nya försörjningstunnlarna. Tunnlarna är byggda för att förse de nya byggnaderna vid Arlanda med försörjning men också utgöra ett dubbelt säkerhetssystem till det gamla i fall av det ena tunnelsystemet skulle slås ut. De nya tunnlarna ingår i hela det stora projekt 2002 där nya terminaler och flygledartorn även ingår. Tunnlarna drevs av Skanska i treskift, sju dagar i veckan. Arbetena pågick under tiden juni 1999 till februari 2000. Tunnlarna är sammanlagt 3600 meter långa och har en area på 25-40 m^2.

© 2001 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Vattendomen

En miljöprövning enligt den nya miljöbalken föregick entreprenadarbetena. Nitro Consult upprättade det tekniska underlaget samt MKB.

I ett sådant känsligt område som Arlanda som ur miljösynpunkt redan är ansträngt var det av stor vikt att göra allt för att minimera miljöpåverkan. Den stora frågan var vilka utsläpp som kunde tillåtas och vilka inläckage av grundvattnet som skulle kunna accepteras. Avgörande för miljötillståndet var dock att hålla kontroll på kväveutsläppet till recipienterna. Teoretiskt skulle hälften av kvävet lösa sig i inläcknings- och processvattnet och hälften skulle följa med berget ut för deponering. Dock erbjöd sig Skanska att ytterligare tvätta tunnelsalvan före utlastning, vilket gjorde att endast ca 25% av den totala återstående kvävemängden skulle hamna på bergupplaget.

De åtgärder som därutöver vidtogs för att minska utsläppet av kväve var att anpassa borr- och laddplan för att undvika överladdning, blåsa rent hålen före laddning samt undvika spill vid laddningsarbetet. Vidare skulle laddslangar blåsas rena och laddkärl tömmas i uppsamlingskärl. Med utbildning av personal, kontroller och uppföljning av resultat skulle utsläppen minimeras.

Processvattnet från drivning av tunnlarna avleddes via sedimentationsbassänger i och utanför tunneln till spillvattensystemet för vidare transport till Käppala reningsverk för rening. Sprängstensmassorna deponerades på ett bergupplag öster om terminal 2 i tidigare Märstaåns dalgång. Avrinningen från bergupplaget sker pga topografiska förhållanden åt norr i Halmsjöbäcken. Där anlades ett fördröjningsmagasin där en del av kvävet beräknades tas upp av vegetationen i det området. LFV åtog sig att anlägga sedimentationsbassänger med oljeavskiljningsanordning där processvatten från tunneldrivningen skulle samlas upp för sedimentering innan det gick vidare. Den totala mängden olja från spill och odetonerat sprängämne beräknades bli totalt 450 kg, och efter oljeavskiljning skulle halten olja i det utpumpade vattnet som gick till reningsverket begränsas till 50 mg/l. Detta var krav från Käppalaförbundet.

Man fick heller inte orsaka några skadliga grundvattensänkningar i området. I domslutet gavs Luftfartsverket tillstånd att leda bort inläckande grundvatten från tunnlarna med villkoren att inläckaget högst fick vara i medeltal 5 l/min och 100 meter tunnel. Högst 2500 kg totalkväve fick släppas ut i Halmsjöbäcken från de sprängstensmassor som lades på upplag. För att förhindra framtida urlakning av eventuellt kvarvarande kväve kommer området i år att täckas av en hårdgjord yta. Under drifttiden kommer inläckande vatten till tunneln att avledas till Halmsjöbäcken.

Kontrollprogram

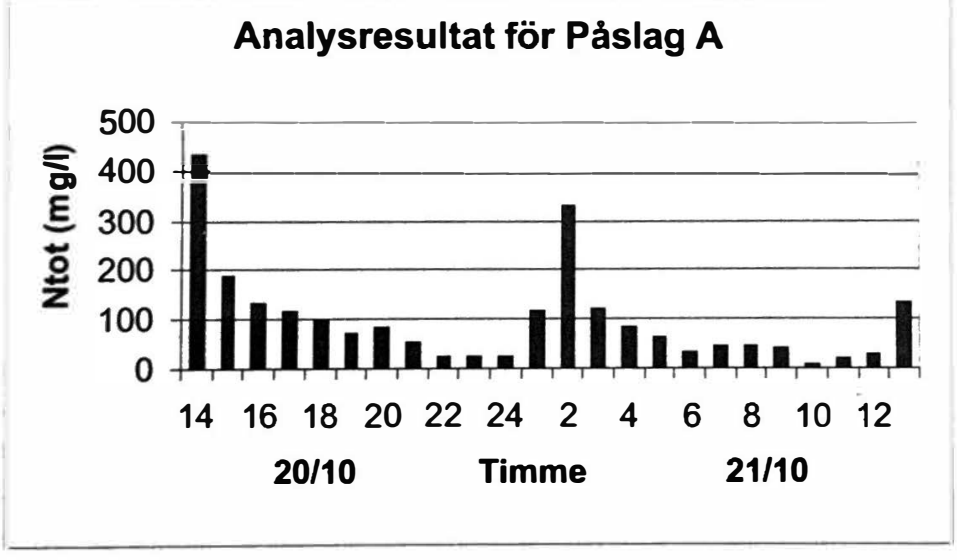
För att kontrollera miljökraven upprättades ett kontroll- och åtgärdsprogram

1. Grundvattennivån kontrollerades i 16 grundvattenrör såväl innanför som utanför det influensområde för grundvattenpåverkan från tunnlarna. Mätningarna sker en gång per vecka.
2. Inläckning i tunnlarna kontrollerades vid mätdammar nere i tunnlarna. Avståndet mellan mätdammarna är 200 meter och kontroller sker regelbundet. Totalt utpumpad mängd vatten mättes vid varje tunnelpåslag en gång per vecka. Slam och oljehalt i vatten som avleddes till spillvattensystemet mättes en gång per vecka.

© 2001 Svenska Bergteknikföreningen och författare

3. Halten totalkväve och olja mättes i det vatten som dränerar bergupplaget och går till Halmsjöbäcken. Halter och flödet mäts fortfarande en gång per vecka. Mätningar av halten totalkväve utförs vid Nitro Consults eget laboratorium. Detta medför att analyserna kan tid- och kostnadseffektiviseras betydligt. Från provtagning till färdigt resultat tar oss ca 2,5 timme jämfört med minst 10 dagar för ett normalt laboratorium. För att se hur halten kväve var på det utpumpade vattnet efter att en salva hade skjutits gjordes en 24-timmars provtagning. Det togs ett prov varje timme under 24 timmar ur det utpumpade processvattnet (Fig.1). Det syntes ett klart samband mellan skjutningar och halten totalkväve i det utpumpade vattnet.

TUNNELRAPPORT PÅSLAG A		
DATUM	TID	VERKSAMHET
20/10	03:37	Skjutning F1 vänster sek 309
20/10	17:30	Skjutning F3 sek 25
20/10	22:30	Skjutning F2 sek 226
21/10	06:05	Skjutning F1 vänster sek 304
21/10	10:10	Skjutning F1 höger sek 1015



Figur 1. Resultat från mätningar av totalkväve under 24 timmar vid påslag A.