© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

KOLKRAFTVERK I VÄRTAN SPRÄNGNING I KÄNSLIG MILJÖ

Ingvar Hansson, Ingenjör, Nitro Consult AB, Stockholm

Inledning

Inom Stockholm Energi Produktions AB's område i Värtan pågår för närvarande byggandet av ett nytt kolkraftverk. ASEA PFBC skall under 1990 leverera en nyckelfärdig anläggning till Stockholm Energi.

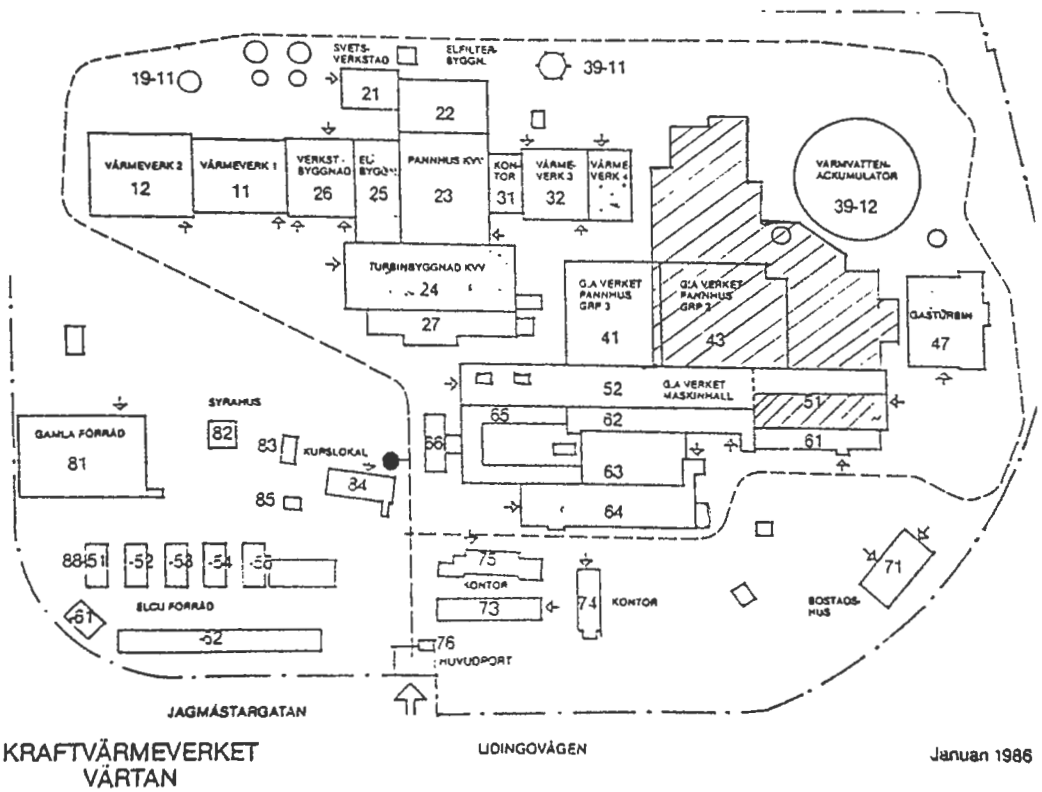


Fig. 1 Plan över Värtaverkets område med markerad arbetsplats.

Arbetena med den nya anläggningen påbörjades vintern/våren 1987 med rivning av två stycken gamla pannhus. Markarbeten, avtäckning och sprängning påbörjades under maj 1987 och sprängningsarbetena var klara i januari 1988. Byggnaderna skall vara färdiga hösten 1988 varefter montagearbetena börjar för att vara klara under 1990.

Den nya anläggningen i Värtan skall producera 210 MW värme och 126 MW el.

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

I anläggningen skall kol förbrännas med den s k PFBC tekniken (Pressurized Fluidized Bed Combustion) d v s förbränning i trycksatt virvelbädd.

ASEA PFBC, bygger den nya anläggningen med Åke Larson, Byggare AB. Nitro Consult AB har haft uppdrag åt Åke Larson Byggare AB, att kontrollera och planera sprängningsarbetena. Entreprenör för markarbetena har varit Berg o Väg med Bygg Nator och JCC som underentreprenörer. Markarbetena har omfattat 53 000 m3 berg samt 10 000 m3 jordschakt. Entreprenör för grunder och byggnader är Skanska.

Massorna från bergschakten har kommit från följande områden:

1. Öppen schakt 47 000 m^3
2. Tunnel (60 m 19 m2 1100 m^3
3. Sprängning inom Gamla Verket . 5 000 m^3

Förutsättningarna för kraftvärmeverksbygget är unika i flera avseenden, dels för att det uppförs i ett område med bostadshus och kontor som nära grannar, dels för att den befintliga kraftvärmeanläggningen varit i drift under sprängningstiden.

Restriktioner

Nitro Consult har haft ansvaret för riskanalys, besiktning, vibrationsmätning samt bergkontroll och laddningsberäkningar. Sprängningarna har utförts i nära anslutning till befintliga byggnader, konstruktioner och däri förekommande vibrationskänslig utrustning. Byggnaderna i närområdet är uppförda i betong och tegel och grundlagda på berg. Den tillåtna vibrationsnivån har varit 70 mm/s.

För kylvattenpumpar, generatorer och turbiner har den tillåtna vibrationsnivån varit 1,0 g. För vissa kylvattenpumpar som varit mycket nära sprängningarna har den tillåtna accelerationen fått uppgå till 2,0 g, under förutsättning att pumparna varit i drift.

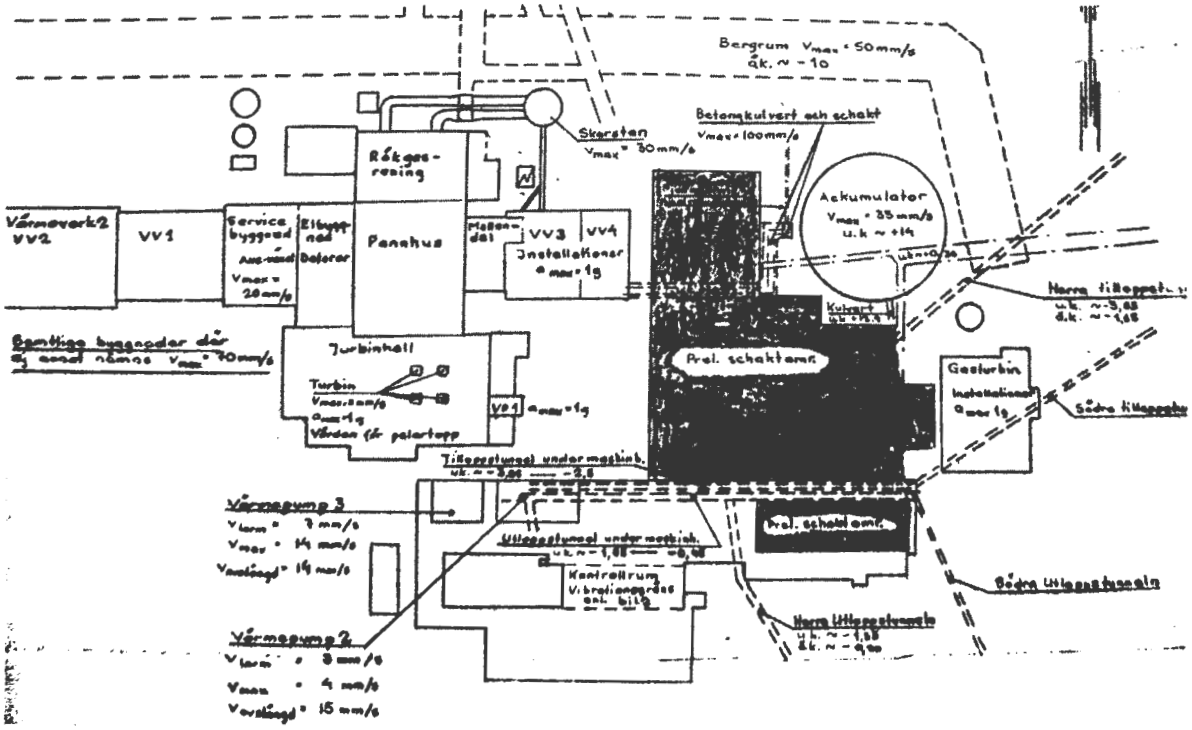


Fig. 2 Riskanalys för Värtaverket

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Inne i den gamla turbinhallen med dess unika klinkerförsedda väggar har totalt 5000 m3 berg sprängts ut. Byggnaden är kulturhistoriskt intressant men dock ej kulturmärkt. Före sprängstart utfördes en noggrann besiktning av Nitro Consult av klinkerns vidhäftning i bakomvarande vägg. Efter besiktningen kunde man göra den bedömningen att samma vibrationsnivå som för de övriga byggnaderna kunde tillåtas.

Sprängning

Berggrunden inom Värtaområdet domineras av gnejs. Inslag av granit och pegmatit återfinns inom hela området. En genomgående sprickriktning i gnejsen är NV-SO med i närmaste vertikal stupning vilket sammanfaller med bergartens struktur (bandning). Avskärande sprickssystem i NO-SV riktning med både brant och flack stupning förekom i hög utsträckning. I området har två sprickzoner konstaterats. En passerar VV4's (värmeverk) NO hörn i NN-SO riktning. En andra sprickzon, som är en krosszon, sträcker sig från VV3 i SO-riktning där den breder ut sig.

Samtliga byggnader inom området är grundlagda på berg och är uppförda utan motgjutning av närliggande bergväggar. Under mark finns förutom ett antal kulvertar även bergtunnlar för kylvatten.

De planerade byggnadernas tyngd är stor varför grundläggning sker på väl rensat berg. De arbetstekniska begränsningarna för bergschakten inom området har varit stora, dels ur vibrationssynpunkt, dels av kraven på liten uppsprickning och blockutfall i schaktkonturer. Av sektionsritningen nedan framgår att en mängd olika schaktnivåer har sprängts.

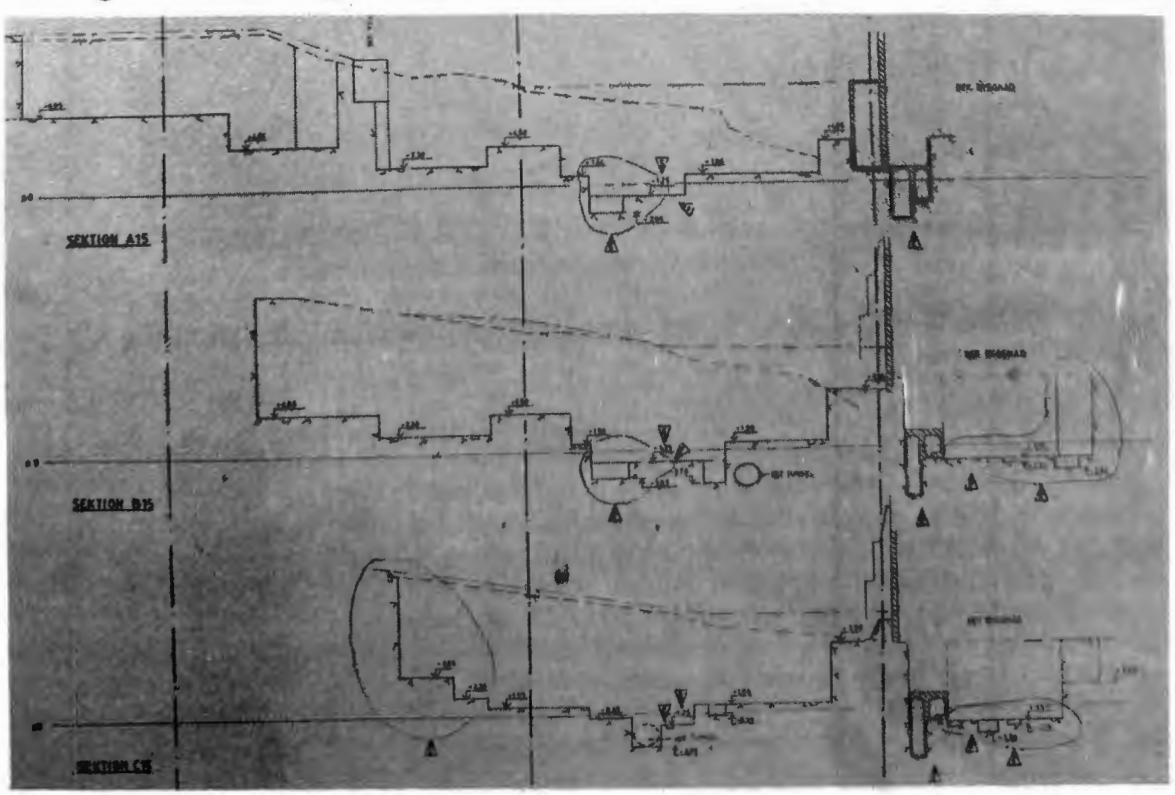


Fig. 3 Sektioner av bergschakt

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Schaktslänter som skall motgjutas eller där grundläggning skall ske på och intill blivande släntkrön har utförts som skonsam sprängning. Den skonsamma sprängningen har utförts som slätsprängning med hålavstånd 0.3-0.6 m. Laddningen har utförts med Gurit Ø 11 och Ø 17 mm. För bottnar som skall motgjutas samt bottnar intill ett avstånd av 3 m från släntkrön, har en underborrning av max 0.4 m tillåtits.

Som tidigare nämnts har den öppna bergschakten uppgått till cirka 47 000 m3. Sprängningarna påbörjades vid Gamla verkets norra vägg längst i väster. Man ville så snart som möjligt få en öppning i det Gamla verkets norra vägg för att kunna lasta och transportera ut bergmassorna innifrån verket. Tidplanen för sprängningarna var mycket pressad. Under en 5 veckors period under sommaren var det befintliga verket ur drift med anledning av revision. I samband med denna avstängning var det inplanerat att inne i Gamla verket skulle en kylvattenkulvert gjutas. Med anledning av detta måste sprängningarna inne i Gamla verket ha avancerat så långt att första pallen (~4.5 m) måste vara utsprängd.

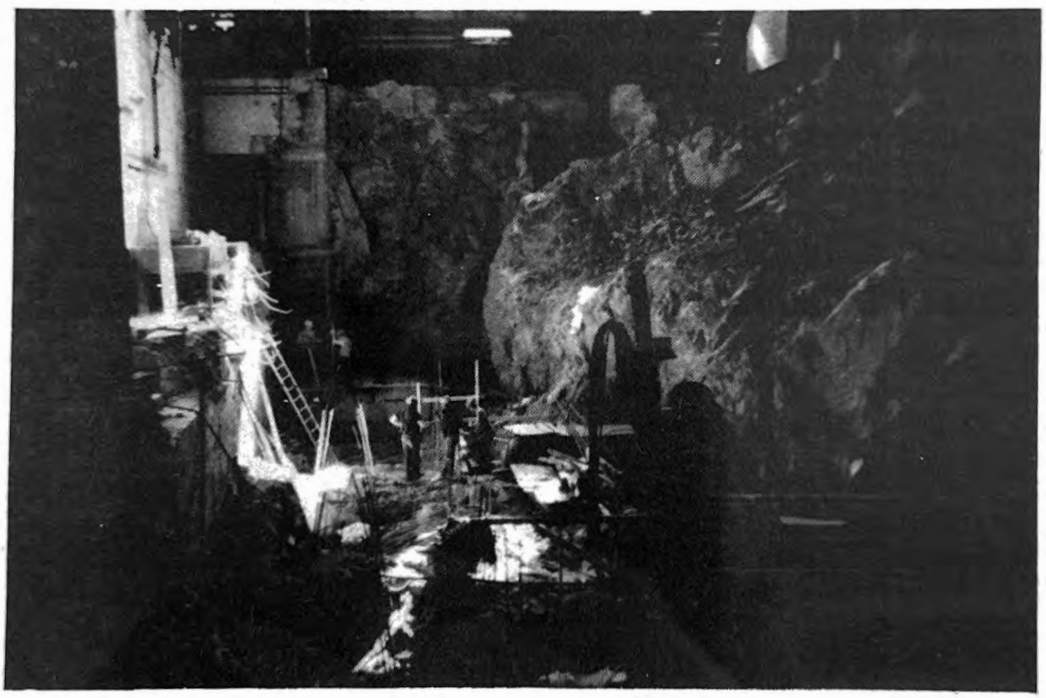


Fig. 4 Gamla verket första pallen utsprängd. Formsättning för gjutning av kulvert

I den norra inloppstunneln för kylvatten, på en sträcka av ca 40 m, skulle taket och väggarna i tunneln sprängas bort. Taket och väggarna skulle därefter ersättas med en betongkonstruktion. Orsaken till detta var att mycket stora laster skulle nedföras på tunneltaket. Bergtäckningen ovanför tunneln uppgick till ca 2.5 m vilket bedömdes vara otillräckligt med avseende på bergkvalitén.

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Borrningarna har utförts med borrvagnar och en håldiameter av 38-51 mm har använts. Håldjupen har varierat mellan 1.0-15.5 m inklusive underborrning. Den största delen av den öppna schakten har kunnat utföras i en pall med delladdningar. Detta har inneburit att mycket tid kunde sparas då man kommit ifrån en extra bergrensning. Den samverkande laddningsmängden har varierat mycket stort beroende på var i grunden sprängning skett. Största laddningsmängd i en enskild laddning har uppgått till 8.0 kg och i ett borrhål med delladdningar har den totala laddningsmängden uppgått till 15.0 kg. I den största salvan som sprängdes, 660 m3, användes ca 345 kg sprängämne, fördelat på 23 borrhål och 46 delladdningar.

Sprängningarna har skett i liv med och under befintliga byggnader och konstruktioner. Bl a har sprängning skett 1.6 m från den 44 000 m3 stora hetvattentanken innehållande +98^{o} gradigt vatten.

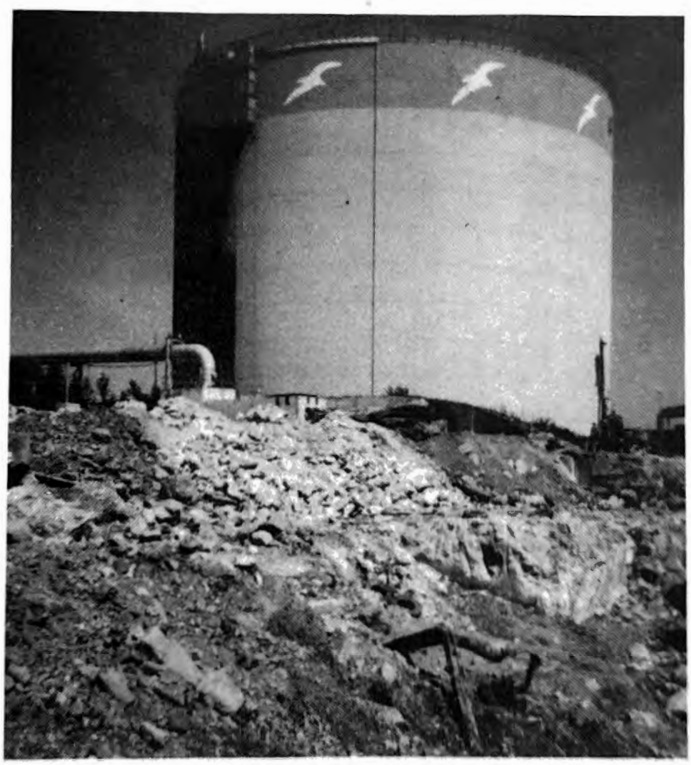


Fig. 5 Ackumulatortank för hetvatten

Tanken fungerar som en ackumulator och skall kunna förse förbrukare av värme och varmvatten under ett dygn om något skulle inträffa med själva värmeverket. Tanken, som är i stålplåt, är svetsad och grundlagd på en betongplatta på berg. Schaktdjupet uppgick till 9,4 m och sprängdes ut i två pallar 4 resp 5,4 m. Slätsprängningsraden borrades c/c 0.3 m och till fullt djup. Även de övriga hålen borrades till fullt djup, som vid laddning proppades till 4,5 m. Vid sprängning fick endast 5 slätsprängningshål och framförvarande hjälparrad sprängas, för att få salvan att få så fritt utslag som möjligt.

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Berget vid tanken uppvisade en mängd sprickor och kraftiga slag. Slagriktningen förändrades dock ju längre in i schakten man kom och blev gynnsam ur sprängningssynpunkt.

Fig. 6 Bergparti under ackumulatortank

Förförstärkning av schaktkanter utfördes med ingjutna armeringsjärn c/c 1.5-2.0 på en sträcka av ca 25 m för att förhindra utfall av block. Vartannat järn sattes i lutning 80° och vartannat i 36° graders lutning. (se fig.) med en längd av 10,0 resp 7.0 m. Efter utsprängning av första pallen utfördes en permanent förstärkning i två rader c/c 2 m med bultar om 4.5 m längd. Efter det att den andra pallen sprängts ut sattes ytterligare 2 rader med 6.2 mm bult c/c 2 m.

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

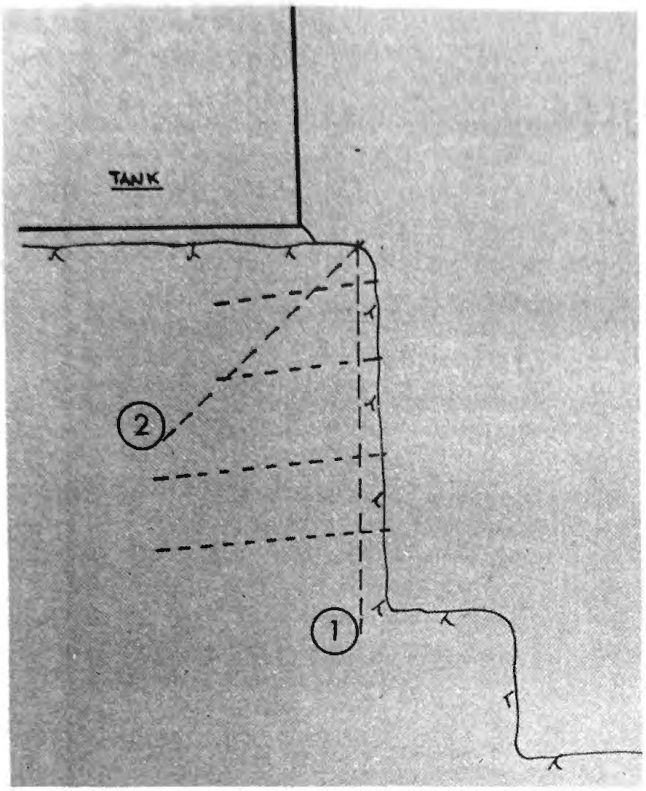


Fig. 7

Förstärkning av berget under ackumulatortanken

1 o 2 förstärkning utförd som förförstärkning (förstärkning före sprängning)

Under sprängningstiden utfördes precisionsavvägning av betongplattan som tanken stod på. Under tiden 87.09.14 - 87.12.09 utfördes 18 avvägningar i två punkter. I dessa punkter hade betongplattan höjts 1.2 resp 1.9 mm jämfört med den första avvägningen. En trolig orsak till höjningen är nog att spränggaserna utvidgat de sprickor (mikro) som fanns i berget. Mikroskopiska bergpartiklar har lossnat, vilket haft till följd att sprickorna ej återgått till ursprungsläget utan har utvidgats allt eftersom sprängningarna fortskridit.

En stabilitetsanalys av bergslänten under ackumulatortanken har utförts av Grundteknik. Beräkningen är utförd i enlighet med Hock & Bray's kompendium Rock Slope Engineering samt Bygg kap. G17. Inga ytterligare förstärkningsåtgärder behövdes vidtagas för schaktens utförande.

En komplicerad sprängning fick även vidtagas vid den betongkulvert som löper mellan värmeverk 4 (VV4) och ackumulatortanken. Kulverten är i platsgjuten betong och grundlagd på packad makadam. Genom kulverten löper rörledningar för hetvatten till hetvattennätet och ackumulatortanken. Rören hänger i konsoler i kulverttaket. Sprängningarna har skett i liv med och under (ca 1.5 dm) kulverten. Två genomgångar under kulverten har också sprängts.

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

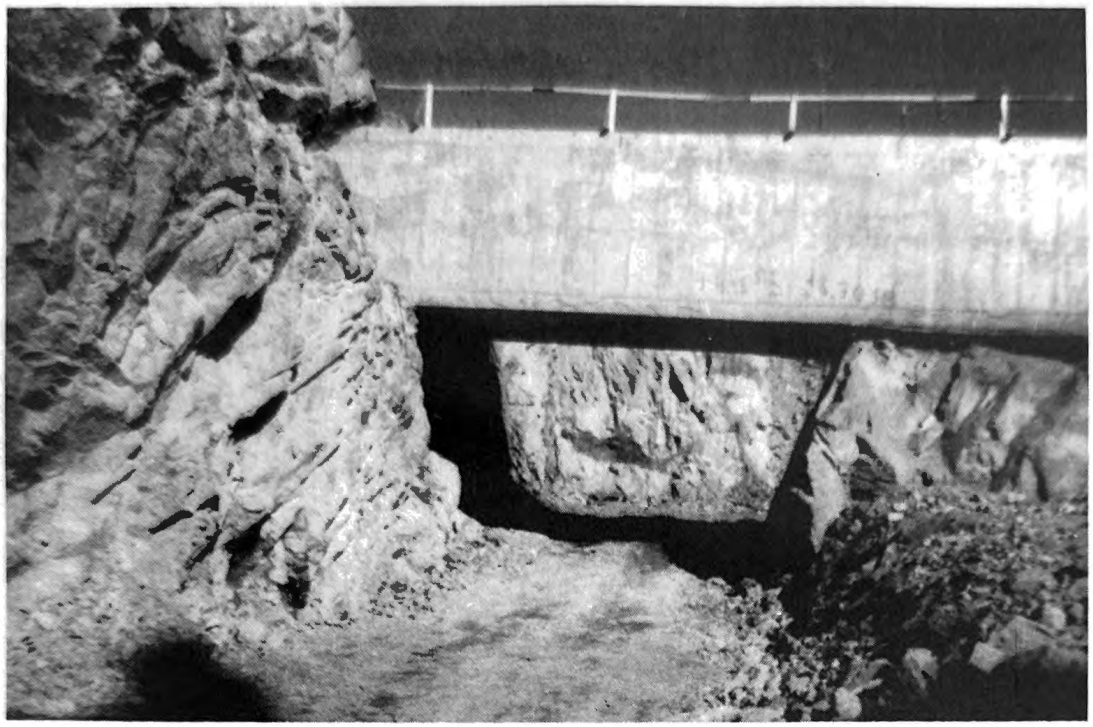


Fig. 8 Genomgång sprängd under ackumulatorkulvert

Inne i den gamla turbinhallen har totalt 5000 m3 berg sprängts och lastats ut. Sprängningarna har skett i liv med den södra resp västra och östra väggen. Schaktdjupet har uppgått till 9.0 m. Större delen av schakten kunde tagas ut i två pallar. Konturhålen borrades c/c 0.30 m ner till fullt djup. Salvstorleken uppgick till max 80 m3 och 35 kg sprängämne. Under den södra väggen sprängdes även två s k tubutdrag. Tubutdragen har sprängts ut från väggliv och ~ 5.2 in under byggnaden och ~ 5.0 m under källarbjälklaget. Bredden på tubutdraget 4.0 m.

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Som tidigare nämnts så är den gamla turbinhallen industriellt kulturhistorisk intressant beroende på de klinkerbeklädda väggarna. Klinkerbeklädnaden utgörs av glacerade beklädnadstegel med en tjocklek av 40 mm och med varierande kulörer satta i mönster i form av bårder och andra utsmyckningar i geometriska mönster. I det Gamla verket finns även glasade takkonstruktioner av olika utformning. Glaspanelerna är upphängda resp utlagda på takstolar av fackverkstyp. Inom Gamla verket har totalt 155 salvor sprängts. Inga skador på klinkerväggarna eller i takets glaspanel har uppstått.

Utöver den öppna bergschakten har även en 60 meter lång tunnel i 19 m2 area sprängts ut.

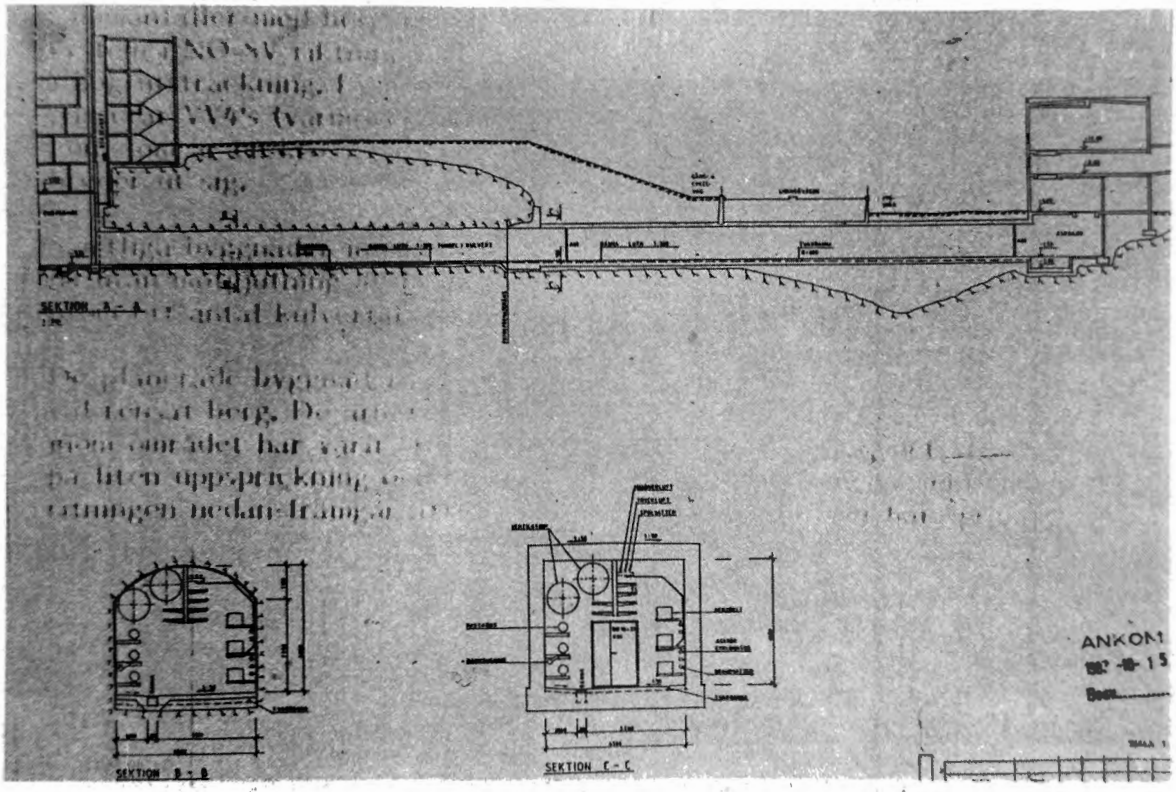


Fig. 11 Tunneln och betongkulvert under Lidingövägen från kraftvärmeverket till asksilobyggnaden.

Tunneln skall tjänstgöra som transportväg för den kolpasta som genom rörledningar pumpas in från kolprepareringsanläggningen vid Värtahamnen och in i förbränningsanläggningen. Den aska som bildas transporteras också ut genom tunneln och till en asksilo. Tunneln slutar i slänten mot Lidingövägen och fortsätter under Lidingövägen i en betongkulvert. Utsprängningen av tunneln kunde ske utan vare sig bergtekniska eller vibrationstekniska problem. Tunneln går nära under den befintliga gasturbinanläggningen. I inledningsskedet borrades mellan 115-120 hål i salvan med ett borrdjup av 1.6-2.5 m. Salvan delades upp och sprängdes i tre omgångar, kil, stross, tak och golv. Mycket snart kunde dock borrdjupet ökas till 3.8 m och hålantalet reduceras till 75-80 hål och salvan kunde sprängas vid ett tillfälle.

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Bergkvalitén i tunneln var mycket god. I samband med sprängningen behövdes driftsbultning utföras endast vid ett tillfälle. Vattenförlustmätning utfördes efter var tredje salva då fyra hål borrades, två i tak och två i botten till ett borrdjup av 15.0 m. Inga vattenförluster kunde noteras. Efter sprängningarna betongsprutades taket samt väggarna ner till ca 1.0 m under anfang.

Vibrationsmätning

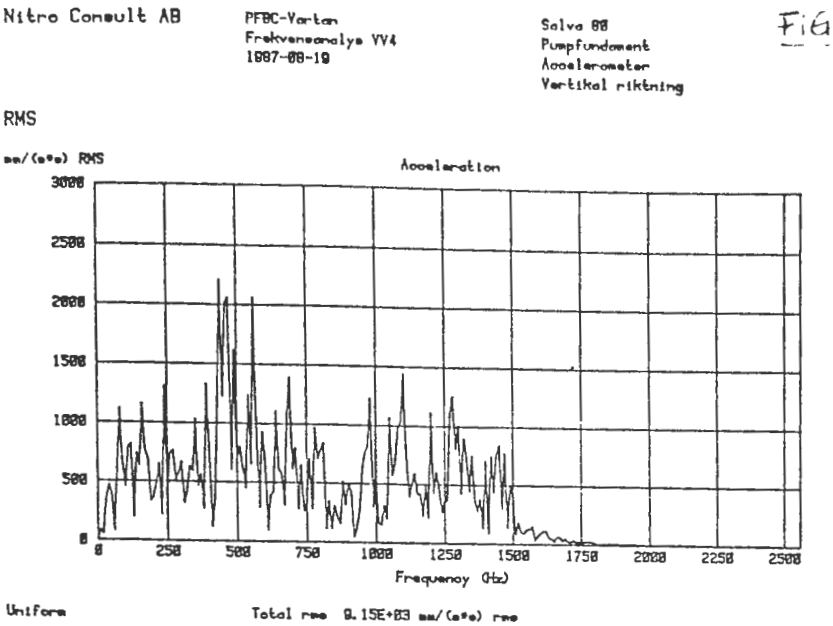
Kontinuerlig vibrationsmätning har utförts under den tid rivnings-, bilning och sprängningsarbetena pågått. Totalt har 480 salvor sprängts, vilket innebär att 5000 vibrationsregistreringar finns. Registreringarna har skett i instrument UVS 1404 samt Vibracordet. Den vertikalt inkommande vibrationens svängningshastighet, acceleration, samt vid några tillfällen, amplitud har registrerats. På de klinkerklädda väggarna har även den horisontella (longitudinella) komponenten registrerats.

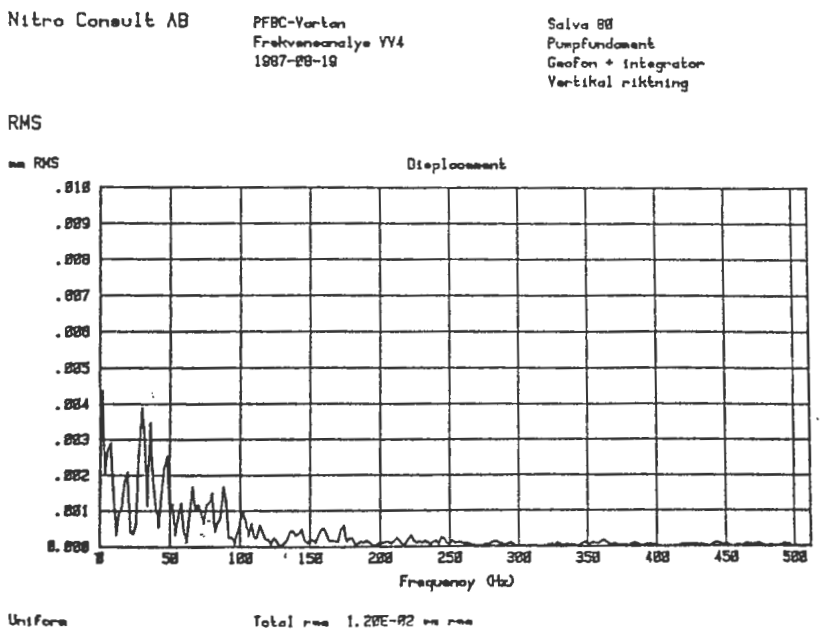
Fig. 12 UVS 1404

En stor del av sprängningarna har utförts 5 - 30 m från känslig utrustning, speciellt pumpar där man varit rädd för lagerskador, och där accelerationen ej fått överstiga 1 eller 2 g. I vissa områden var det mycket svårt att innehålla de tillåtna accelerationsnivåerna även när man utförde förtätad borrning med delladdningar. En noggrann frekvensanalys av de inkommande vibrationerna utfördes, för att få kännedom om i vilket frekvensområde det största energiinnehållet fanns. I nedanstående diagram jämförs frekvensinnehållet i accelerationsförloppet med förskjutningsrörelsen.

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Fig 13.





Det framgår att dominerande frekvenser i acceleration ligger kring 500 Hz, men att det finns ett betydande frekvensinnehåll mellan 1000 - 1500 Hz. I diagrammet ser vi att förskjutningsrörelserna huvudsakligen uppkommer från frekvenser under 50 Hz, och att bidragen från frekvenser över 100 Hz ligger under 0,001 mm. Detta innebär att dessa rörelser med all sannolikhet ryms i lagrens elastiska område och därför inte kan skada dessa. Vår bedömning blev att accelerationsmätningarna blev mer relevanta om de koncentrerades till frekvenser under 100 Hz, eftersom det var i det frekvensområdet de dominerade förskjutningarna låg.

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

För sprängningsarbetet innebar detta att inom närområdet 5 - 20 m kunde man utföra sprängningarna med normala försättningar men med delladdningar.

Efter de genomförda sprängningarna har inga skador på pumpar eller annan vibrationskänslig utrustning rapporterats. Ej heller har några driftsstörningar uppstått i det nuvarande kraftvärmeverket.

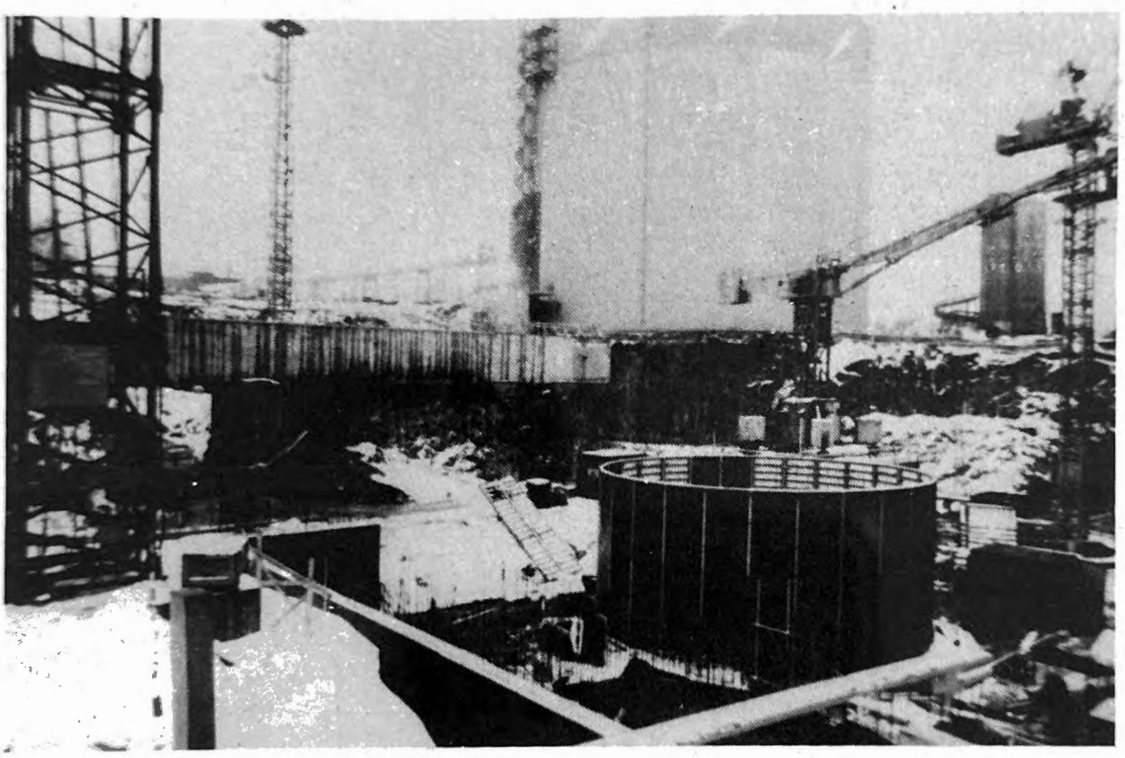


Fig. 14 Arbetsplatsen januari 1988