2. Sopsugsterminal i naftamarinerat berg med liten bergtäckning

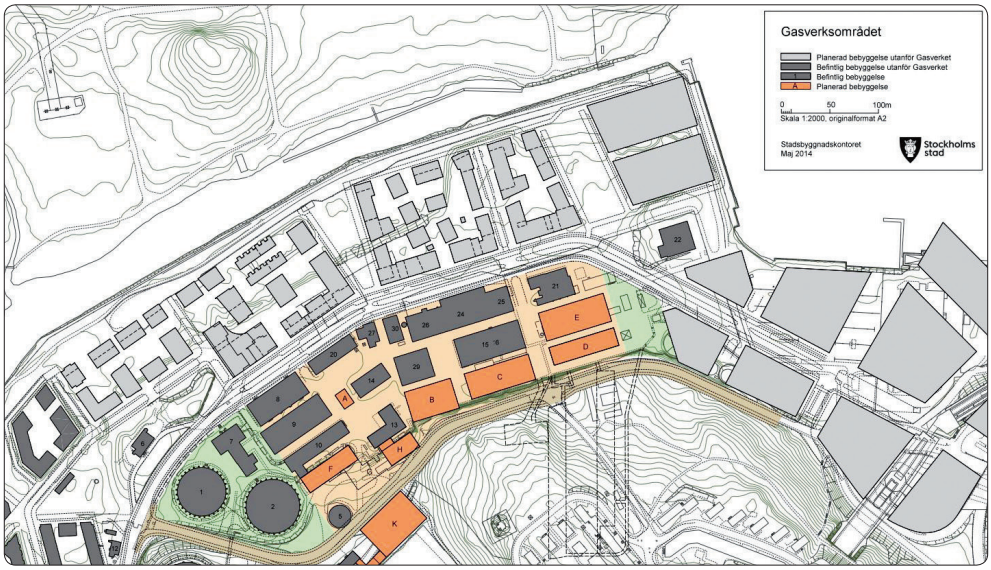
Mattias Widenbrant, Veidekke Entreprenad AB, Rebecca Karlsson, WSP Sverige AB

Bakgrund

I Hjorthagen i Norra Djurgårdsstaden, invigdes i april 2016 den hittills största sopsugsterminalen i Sverige. En berganläggning belägen under Hjorthagsparken, se Figur 1, som ska ta hand om tre fraktioner avfall från 6000 planerade bostäder, 100 000 m^2 kommersiell verksamhet och 130 publika papperskorgar. Avfallet samlas upp i containrar under mark innan det transporteras från terminalen med lastbil.

Anläggningen består av ett bergrum med infartstunnel, totalt 16 000 m^3 berg. Det innebar sprängning i ett område med flera befintliga anläggningar, både ovan och under mark. En stor utmaning för projektet var befintliga bergrum 20 m under planerad anläggning där nafta förvarats under tiden Gasverket var i drift. En annan utmaning uppmärksammades ca 20 m in i infartstunneln då den förväntade bergtäckningen en meter istället var noll. Till följd av det goda samarbetet som präglat hela projektet från projektering till produktion hanterades båda utmaningarna snabbt och effektivt.

Bakgrunden till val av bergrumsförlagd sopsugsterminal var att värdefull byggbar mark inte skulle tas i anspråk. Vidare förbättras framkomligheten på gator samt luftkvaliteten genom färre fordonsrörelser i området. En sopsugsterminal innebär väsentligt förbättrad arbetsmiljö för renhållningspersonalen då den manuella avfallsinsamlingen försvinner.



Figur 1. Längdsektion genom infartstunnel och bergrum, systemhandling.

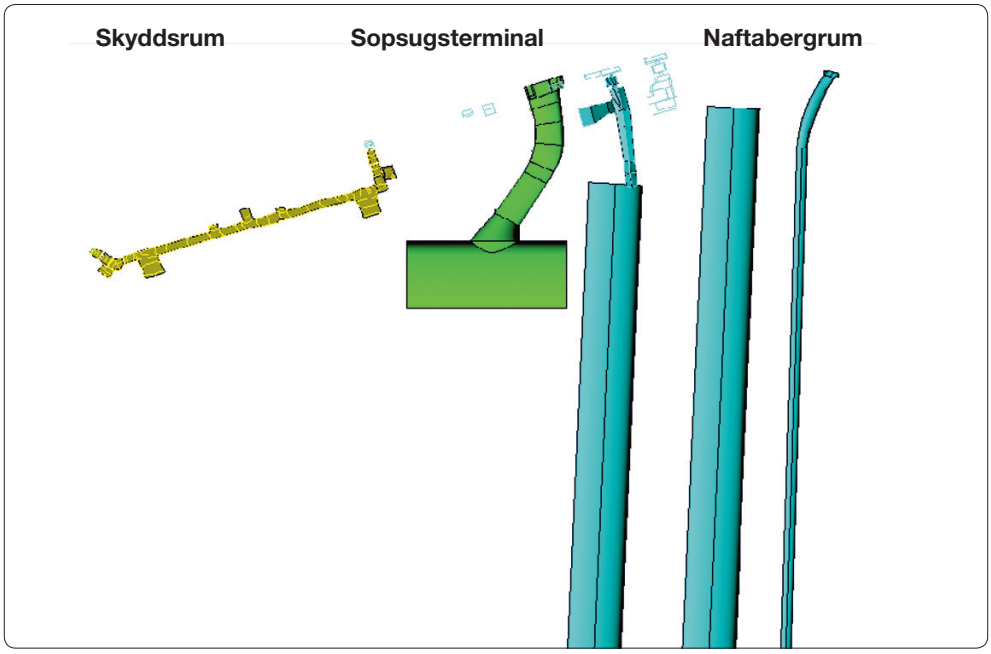
Kontraktet mellan Exploateringskontoret och Veidekke Entreprenad var en totalentreprenad i utökad samverkan. Kontraktet var vidare uppdelat i två faser där Fas 1 innebar projektering enligt VDC och ICE och Fas 2 att bygga bergrum samt anslutningsgata. Veidekke handlade upp WSP för Berg-, Mark-, Trafik-, VA- och K-projektering.

Projektering

Projekteringen av terminalen utfördes enligt VDC (Virtual Design and Construction), vilket innebär att alla projekterande teknikområden, beställare och entreprenör samlas kring en samordningsmodell i 3D en gång per vecka för ICE-möten (Integrated Concurrent Engineering). Med alla samlade blev arbetsprocessen kreativ och flexibel. Flertalet utredningar under projekteringstiden utgjorde stora layoutförändringar; befintlig systemhandling var relativt undermålig, en infart till kommande parkeringshus från infartstunneln utreddes samt gjordes justeringar för kostnadsbesparingar. Samtliga förändringar kunde hanteras på ett effektivt sätt tack vare de veckovisa mötena där beslut om fortsatt arbete alltid fastslogs. Arbetssättet möjliggjorde snabba omställningar i projekteringen och till följd gick arbetet från detaljplan till bygghandling på endast 5 månader.

Passage under Gasverksvägen med liten bergtäckning

Sopsugsterminalen är inkilad mellan befintliga orter till naftabergrummen i öster och ett befintligt skyddsrum i väster, se Figur 2.

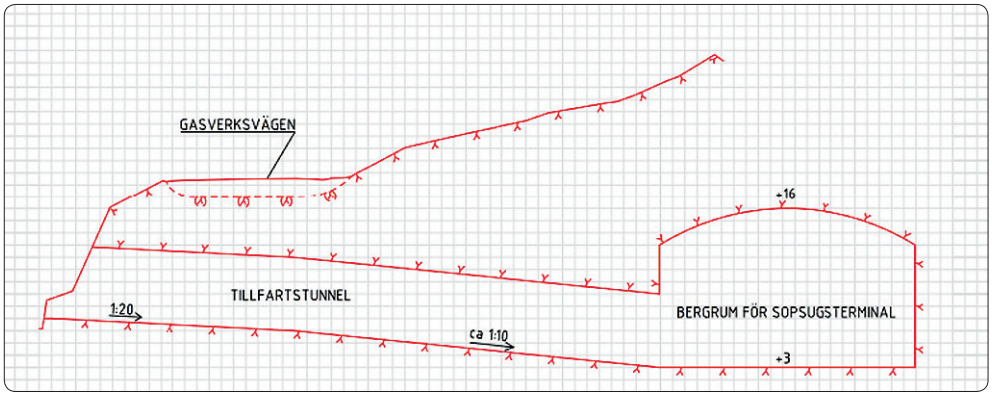


Figur 2. Plan över sopsugsterminal, skyddsrum och naftabergrum.

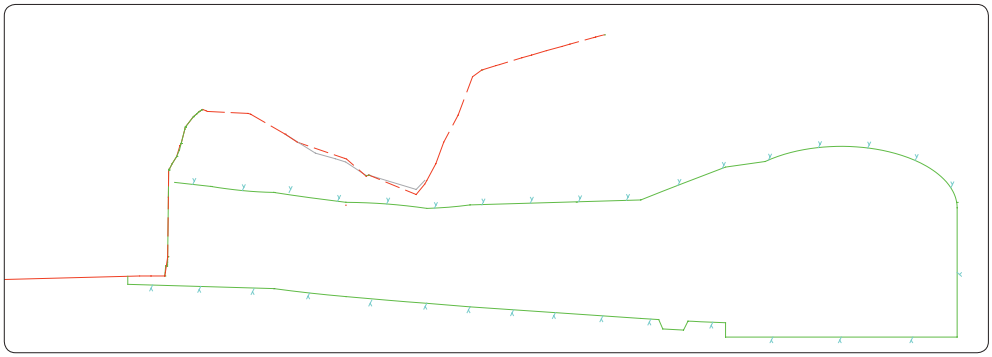
Första delen av infarttunneln till terminalen ligger på samma nivå som befintligt skyddsrum och naftabergrummens orter, där minsta avståndet mellan de sistnämnda är 4 m.

Vid projekteringen av infartstunneln var förutsättningen att en svacka korsas ca 20–25 m in berget. Huruvida denna svacka var naturlig eller skapad vid sprängning för ovanliggande väg var inte definierat. Svackan syntes i tvärsektionen från erhållen systemhandling men med flera meters täckning. Efter att jb-sonderingar utförts för att säkerställa bergnivån visade det sig att bergnivån i förhållande till tunneln var betydligt mindre, se Figur 3 och 4. Minsta bergtäckningen som erhållits vid borrningen var 1,1 m. Detaljplanen för terminalen styrde dess bottennivå och då den var projekterad till lägsta nivå kunde anläggningens placering inte justeras i höjdled. Detta ledde till att infartstunneln, med en bredd på 8 m, skulle drivas med lägsta bergtäckningen 1,1 m.

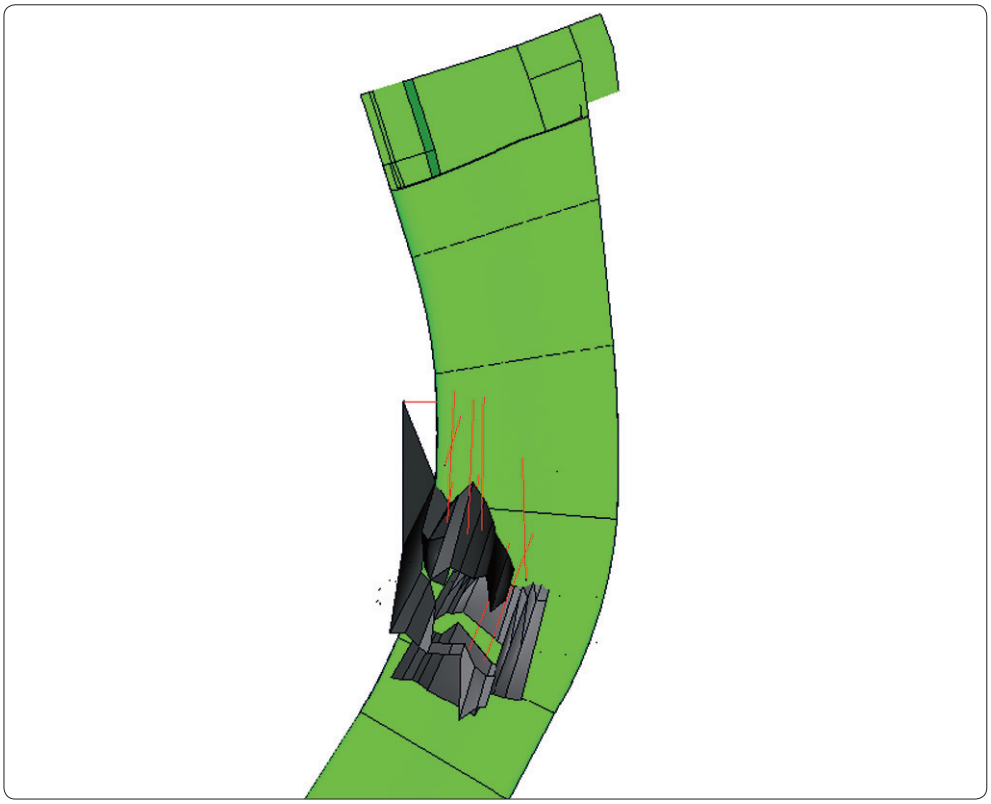
För tunnelsträckan med låg bergtäckning (<2 m, LM 0/107-0/129) beslutades om förstärkning med 6 m splingbult var 3:e meter med ett c/c-avstånd i sektionen på 0,3 till 0,5 m. Utöver detta skulle berget förstärkas med 150 mm fiberarmerad sprutbetong. I samband med installation av spilingbultar, dvs. var tredje meter, föreslogs även sonderingsborrning för att kartlägga och verifiera kommande bergtäckning.



Figur 3. Längdsektion genom infartstunnel och bergrum, systemhandling.



Figur 4. Längdsektion genom infartstunnel och bergrum med inmätt bergnivå och verklig storlek på anläggning.



Figur 5. Plan infartstunnel med ytor skapade utifrån sonderingsborrningen.

Drivningen fortsatte som planerat ända fram till att ett genomslag till omgivande mark i höger anfang i sektion 0/117 uppstod. Detta trots att sonderingen visat på bergtäckning. (En kombination av osäkerheter vid sonderingen samt att salvans stick oturligt var placerat vid aktuell sektion resulterade troligtvis i detta genomslag.) Efter genomslaget togs ett nytt förslag på drivningsmetodik fram. Förslaget innebar förkortade salvor om 1,5 m med pilot och stross. I full sektion förstärktes tunneln med sprutbetongbågar, tjocklek 300 mm och MAI-stag. En 3D-modell togs fram för all sonderingsborrning visande alla genomslag för att göra en tolkning av den svacka som nu passerades, se Figur 5. 3D-modellen kompletterades även med nivåer från tidigare utförda jb-sonderingar.

En tydlig beskrivning av drivningen togs gemensamt fram med samtliga moment i cykeln för varje salva. Efter att tunneln drivits sex meter till från första genomslaget uppstod ett nytt vid sektion 0/123. Denna gång skedde genomslaget till höger mellan anfang och hjässa. Utfallet från genomslaget blev betydligt större än vid första genomslaget. Ungefär 2 m^3 massor föll ner från sektionen och skapade ett stort öppet hål i taket, se Figur 6 och 7. Ovanliggande väg stängdes då av.

Innan fortsatt tunneldrivning kunde påbörjas utfördes en sprutbetongbåge i läge för genomslaget. Bågen var 300 mm tjock och förankrades med bult i längder som

Figur 6. Genomslag vid LM 0/123.

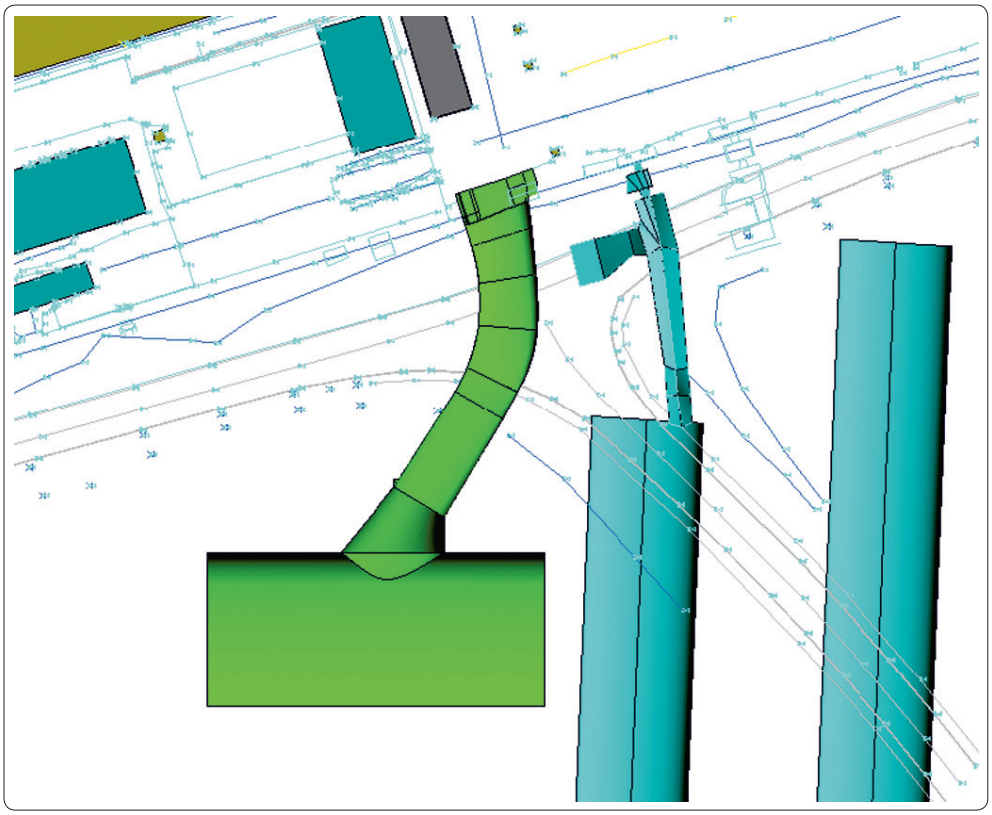
Figur 7. Genomslag vid LM 0/123.

anpassades till rådande bergtäckning, Bultarna var ca 1–2 m långa med c/c-avståndet 1 m. Bågen var som minst 300 mm bred. Genom bågen installerades spilingbultar i form av MAI-stag. Bultarna var 6 m och installerades med en 10° lutning. Centrumavstånd mellan spilingbultarna vara 0,3 m. Till dess att sonderingsborrningen kunde verifiera att svackan passerats drevs därefter tunneln med pilot och stross, (där taket på tunneln sänktes med två meter) kontinuerliga bågar och MAI-stag.

Passagen under Gasverksvägen gjorde att tunneldrivningen tog 4 veckor längre än planerat.

Nafta

På Gasverksområdet i Hjorthagen har stadsgas framställts sedan 1890-talet. Till en början utvanns gasen genom upphettning av stenkol. I slutet av 1960-talet var kolgasverket dock åldersstigat och ersattes av ett spaltgasverk. I denna process användes nafta eller lättbensin som råvara för framställning av stadsgas. Naftan förvarades i två stora bergrum som sprängts ut under Hjorthagsberget, se Figur 8. Bergrummen rymmer 45 000 m^3 vardera och tillsammans en årsförbrukning. Under årens lopp har dock tusentals m^3 nafta läckt ut från bergrummen genom sprickor i berggrunden trots att dessa är belägna mer än 25 m under grundvattenytan. En



Figur 8. Plan sopsugsterminal, naftabergrum och ovanliggande väg.

förutsättning för Sopsugsterminalen var dock att naftabergrummen skulle varit sanerade innan projektstart. Bergrummen saneras genom att sänka av vattenytan och låta grundvattnet blöda in och föra med sig den nafta som finns i sprickorna. Naftan som är lättare än vatten samlas som ett skikt ovanpå, pumpas upp och körs på destruktion. Naftakontaminerat vatten renas i kolfilter innan det släpps ut i Värtan. Tiden för saneringsarbetena var dock grovt underskattad och pågår än i dag. Ett hundratal m^3 nafta har hittills pumpats upp.

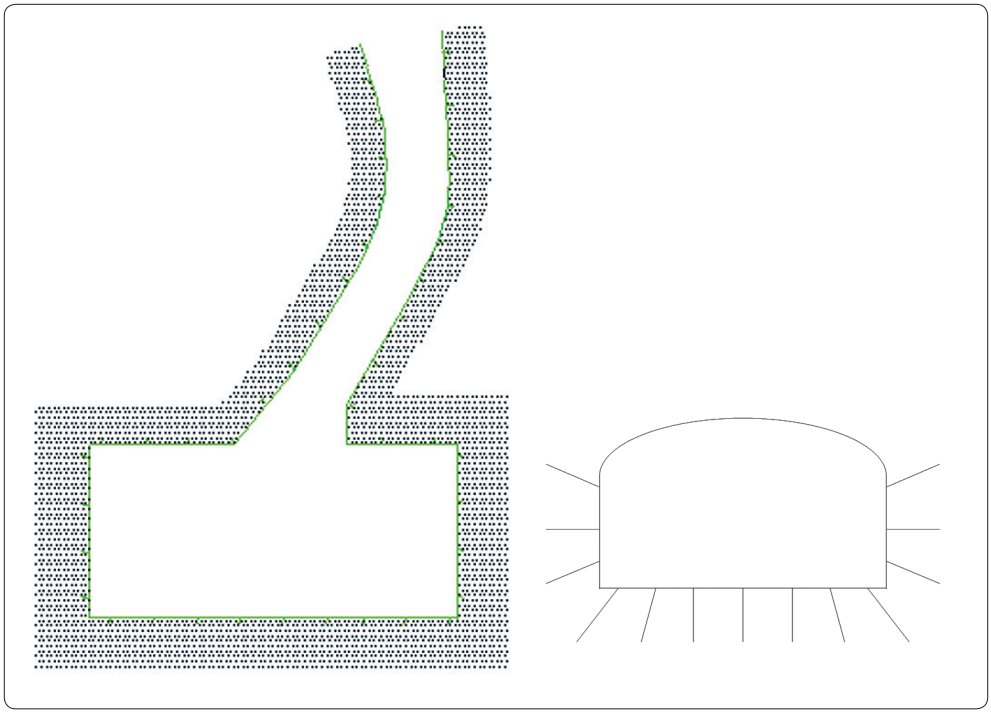
Under projekteringsfasen hölls ett flertal möten med Stockholm Gas och Fortum Värme samt deras underentreprenör EkoTek. EkoTeks representanter vid mötena framhöll att bensin har påträffats i sprickor upp till 100 m från andra sanerade bergrumsanläggningar. Med bakgrund av detta föreslog EkoTek att SGU skulle få komma med en 2nd opinion i ärendet vilket de också gjorde trots att de inledningsvis i sitt yttrande meddelade att de avstår uppdrag av detta slag. I deras yttrande, som dessutom distribuerades till en rad olika intressenter bland annat SSBF, framhöll SGU att den planerade utsprängningen av sopsugsterminalen föreföll vara mycket riskfylld. Detta yttrande sammanföll med Veidekkes ansökan till SSBF för innehav av sprängämne. Normalt handläggs dessa ärenden på några veckor, i detta fall tog det dock tre månader. Förutom SGUs yttrande berodde den långa handlingstiden på att Fortum inte hade tillstånd att hantera utpumpad nafta från bergrummen då befintligt tillstånd gått ut. SSBF bedömde att de inte hade kompetens nog att bedöma detta ärende och kontaktade därför MSB. Vid ett möte med MSB, SSBF, Exploateringskontoret, Fortum och Veidekke myntade MBSs representant uttrycket ”naftamarinerat berg”. Ur bergtekniskt perspektiv var det inga problem att spränga i närheten av de befintliga naftabergrummen, men en osäkerhet rådde huruvida den inerta miljön i naftabergrummen skulle påverkas. Vid den tiden var vattennivån i naftabergrummen avsänkt för att låta grundvattnet föra med sig nafta vid inblödningen. För att förhindra att explosiv atmosfär skulle bildas i naftabergrummen injicerades kvävgas, vilket skapar en inert miljö.

Mötet med MSB renderade i ett flertal åtgärder. Ett åtgärdsprogram utarbetades med bland annat en grundlig riskbedömning med hjälp av Fortums anlitade riskingenjör från Structor Riskbyrån AB innan sprängningsarbetet kunde påbörjas. Ett flertal olika scenarier listades där de mest sannolika var att brand uppstår i befintliga fickor i berget med nafta samt att explosiv atmosfär uppstår i naftabergrummen.

Flera åtgärder utfördes under produktionen för att hantera dessa risker. För att vädra ut eventuella naftagaser kördes tunnelfläkten kontinuerligt. Ett system för kontinuerlig mätning av naftagas brukades under hela produktionsskedet och installerades även i sopsugsbergrummet för fortsatt mätning under driftskedet. All personal bar portabla gasmätare i knähöjd (då naftan är tyngre än luft skulle mätarna placeras lågt).

Det beslutades också att naftabergrummen skulle vattenfyllas upp i vertikalschaktet som ansluter bergrummen till högre belagda orter. I och med detta skulle ytan med fri nafta minimeras och kunna övervakas på ett säkrare sätt. Uppfyllnad av naftabergrummen med vatten tog åtta veckor.

Då det fanns stora osäkerheter i huruvida gas från naftan trängts in terminalens omgivande sprickor beslutades avslutningsvis att cementinjektering skulle utföras av botten och väggar i infartstunnel och bergrum för att täta förekommande sprickor och minska risken att öppna nya färdvägar för gasen mellan anläggningarna vid sprängning av sopsugsterminalen. Figur 9 visar en schematisk bild över den injekterade zonen i plan och en sektion över injekteringsborrhålen i bergrummet.

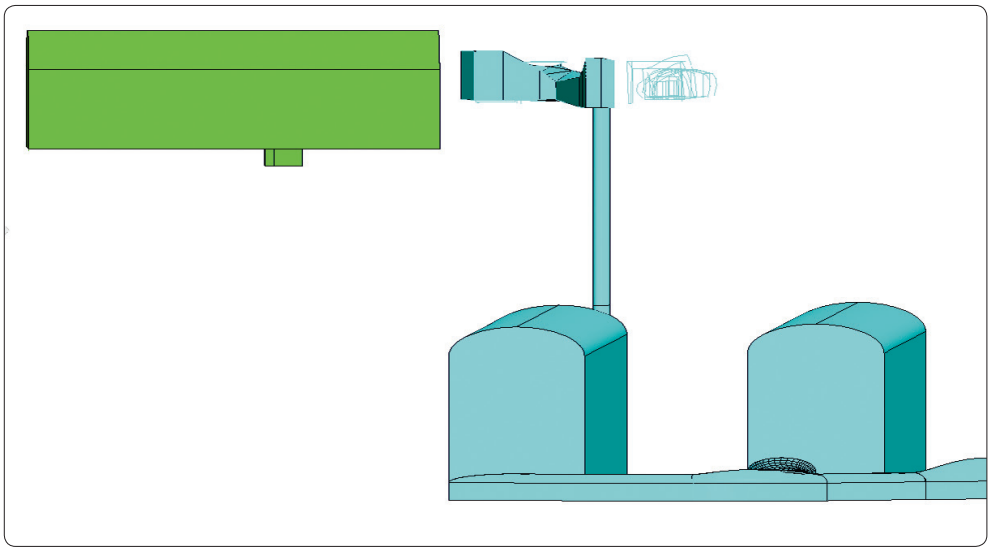


Figur 9. Plan med schematisk injekterad zon och sektion med injekteringsborrhål i tak och väggar i bergrum.

Totalt medförde samtliga åtgärder att planerad sprängstart för terminalen försköts från vecka 1 2015 till vecka 12, då första salvan sprängdes.

Trots utförda åtgärder läckte naftagas in i sopsugens bergrum och vid fyra tillfällen uppstod bränder. Bränderna uppstod genom att naftan antändes av gnistbildning mellan skopa och berg i samband med utlastning eller schaktningsarbeten. Med en brandsläckare kunde de enkelt släckas. Anledningen till att bränderna uppstod var att svårigheterna med att ventilera bort inträngande naftagaser i en specifik punkt under utlastning eller schaktning.

Vidare medförde vattenuppfyllnaden av naftabergrummen upp i vertikalschaktet att vattenytan hamnade på samma nivå som sprängbotten i sopsugsteminalen samtidigt som kvävgasen injiceras under övertryck i naftabergrummen, se Figur 10. Detta kan tänkas öka risken för inträngning av naftagaser i sopsugens bergrum än om vattennivån varit avsänkt i naftabergrummen.



Figur 10. Sektion mot norr med bergrum sopsugsterminal samt befintliga naftabergrum med ovanliggande orter.

Det förelåg aldrig explosionsrisk under produktionstiden. Uppmätta naftanivåer var som mest 300 ppm medan det krävs 10000 ppm för att en explosiv miljö ska uppstå. Ofta kunde man känna lukt av nafta innan gasmätare började varna. Efter att berg- och markarbeten avslutades har inga eller mycket låga nivåer av nafta uppmätts.