Spontning i flaskfabriken

Spontning och grundvattensänkning i en fabrik med pågående tillverkning av glasflaskor - är det möjligt? Ja, med rätt val av teknik och kontrollinsatser. När företaget Rexam i Limmared behövde bygga en ny glasugn krävdes en 6 m djup spontad schakt inne i mitt bland ugnar, glasmaskiner och andra installationer. I artikeln redogörs för de utförda arbetena som förutom spontning även omfattade grundvattensänkning, schaktning och andra grundläggningsarbeten. Projektet styrdes av en snävt tilltagen tidplan som förutsatte 3-skiftarbete för montering av en ny glasugn under semesterperiodens produktionsuppehåll.

Författare är
Håkan Bredenberg, Bredenberg Teknik
Mikael Nilsson, BSV Ingenjörer och arkitekter AB
Kire Gulevski, BSV Ingenjörer och arkitekter AB
Börje Johannesson, BSV Ingenjörer och arkitekter AB



Håkan Bredenberg Mikael Nilsson Kire Gulevski Börje Johannesson

Inledning

Rexams glasbruk i småländska Limmared är bl a känt som fabriken som tillgodoser världsbehovet av flaskor till Absolut Vodka. Fabriken tillverkar över 1 miljon sådana flaskor per år. Tillverkningen omfattar även andra glasemballage, t ex burkar för sillkonserver. Råmaterialet för glastillverkningen är sand. Sanden smälts i 4 glasugnar. Den smälta glasmassan fördelas till maskiner med långt driven automatisering. Arbetet sker i 3-skift, d v s dygnet runt.



Figur 1. Flaskor från Limmared

Varje ugn muras upp med specialtegel, och livslängden för murverket är ca 7 år. Rivning av en förbrukad ugn och uppmurning av en ny måste ske under ca 4 veckors produktionsuppehåll, under semestern. I det aktuella fallet utfördes förutom arbetena

med en ny ugn även ganska omfattande arbeten med nybyggnad och ändringar i byggnadskonstruktionerna.

Schaktning, grundförhållanden
Under industrigolvet består jorden av ca 2 m fyllning på sand och silt ned till ca 15 till 25 m djup. Dessa massor vilar på morän och berg. Grundvattenytan ligger i nivå med den närbelägna Sagån, vilket innebär en grundvattennivå ca 1 m under fabriksgolvet.

De planerade arbeten innebar skapandet av en ca 6 m djup schaktgrop med måtten 60*17 m. Grundläggning av de nya konstruktionerna utfördes i torrhet på plattor och sulor på mark. Arbetena som omfattade rivning, schaktning samt nybyggnad utfördes i 3-skift under en 4-veckorsperiod. En ca 5 m djup grundvattensänkning måste alltså innan schaktningsarbetet startade. Sänkningen tog ca 3 månader i anspråk och måste alltså ske under pågående produktion. Och naturligtvis vidmakthållas under byggperioden.

För större delen av schakten krävde installationer i form av ledningar, maskiner, byggnadsdelar och transportsystem att schakten utfördes med vertikala begränsningar, d v s inom spont. Liksom grundvattensänkningen måste även spontningen i så stor utsträckning ske innan produktionsuppehållet. En komplicerande omständighet var att stöd för sponten vid dess överkant inte kunde utföras med inåtgående strävor eftersom dessa skulle utgjort för stora hinder för den tidsmässigt pressade schaktningen, samtidigt som ingen tid fanns för utförande av jordstag för bakåtförankringar. Det var också känt att fyllning och utrymmen under golvet innehöll en mängd hinder för spontning, exempelvis block, byggskrot och övergivna betongkonstruktioner.

Till de temporära konstruktionerna räknades även stöd för pelare som stod inom schaktområdet.

Andra faktorer att ta hänsyn till var nödvändig begränsning av buller, damm, utsläpp och vibrationer. Den intensiva produktionen av flaskor ställde stora krav härvidlag.

Vidare var det förstås ett absolut krav att den förutsatta tidplanen hölls och att förseningar undveks, eftersom sådana störningar i arbetet skulle ha medfört omfattande ekonomiska konsekvenser.

Borrning för spont och grundvattensänkning
Efter ingående studium av olika alternativ för spont valdes en borrad rörspont, eftersom det bedömdes som den säkraste och mest beprövade lösningen. För grundvattensänkningen bestämdes att använda borrade rörbrunnar med djupbrunnspumpar. Sänkningen följdes upp med ett kontinuerligt mätprogram så att eventuell komplettering av pumpinsatsen kunde ske.

Konstruktionsarbetet för sponten och grundvattensänkningen utfördes av Bredenberg Teknik. Projektering, konstruktion och byggledning utfördes av BSV konstruktörer & arkitekter AB


Figur 2. Temporär stöttning av pelare

Beställare var REXAM Sverige AB. Entreprenör för bygget var Larsson Bygg AB med Trädgårdsschakt AB som underentreprenör för markarbetena. Borrningsarbetena har utförts av Pålab.

Borrning skedde med topphammare och vattenspolning. Den pågående produktionen i fabriken krävde omfattande skydd mot utsläpp av damm, avgaser och stänk från borrningsarbetet.

Spontkonstruktion, schakt
Principerna för konstruktionen framgår av figur 2. Spontväggen utgjordes av 9 m långa stålrör, dimension 168,3 mm, godstjocklek 5 mm, stålsort S440 J2H. Rören placerades med det inbördes avståndet 0.6 m.. Rörens böjstyvhet ökades genom ingjutning av stålbalk, profil HEB 100, stålsort S275 J2G3. Betongkvalitet var C32/40, vct =0.45. Betongfyllning skedde med slang som mynnade vid rörbotten.

Mellanrummet mellan rören tätades genom att 4 mm plåt i takt med schaktarbetet successivt svetsades till rören. Den släta front som på så sätt skapades användes som gjutform för konstruktionerna inom inspontat område. Sponten blev kvarstående.


Figur 3. Montering av plåt på borrade rör samt schaktning.

Sponten stöttades upptill på en nivå, trots det relativt stora schaktdjupet 6 m. Förankringarna utfördes med dragstag och hörnsträvor vid spontens kortsida. Stagen förankrades i jordankare och, där så var möjligt, i befintliga konstruktioner. Arbetet utfördes under full pågående produktion, vilket i princip innebar att varje stag och förankring/infästning måste studeras speciellt och ges en individuell utformning.

Det visade sig att sandmaterialet ned till någon meter under fabriksgolvet var mycket torrt, beroende på den kontinuerliga uppvärmning ugnarna åstadkommit. Sanden var därför rasbenägen, vilket innebar krav på mycket begränsade schaktetapper mellan rören. Eftersom korta etapper innebär ökad byggtid undersöktes olika åtgärder för att öka sandens hållfasthet, exempelvis injektering. Till sist valdes att infiltrera vatten och på så sätt åstadkomma kohesion (”skenbar kohesion”) mellan sandpartiklarna. Metoden visade sig fungera, varför behovet av cementinjektering eller liknande bortföll.

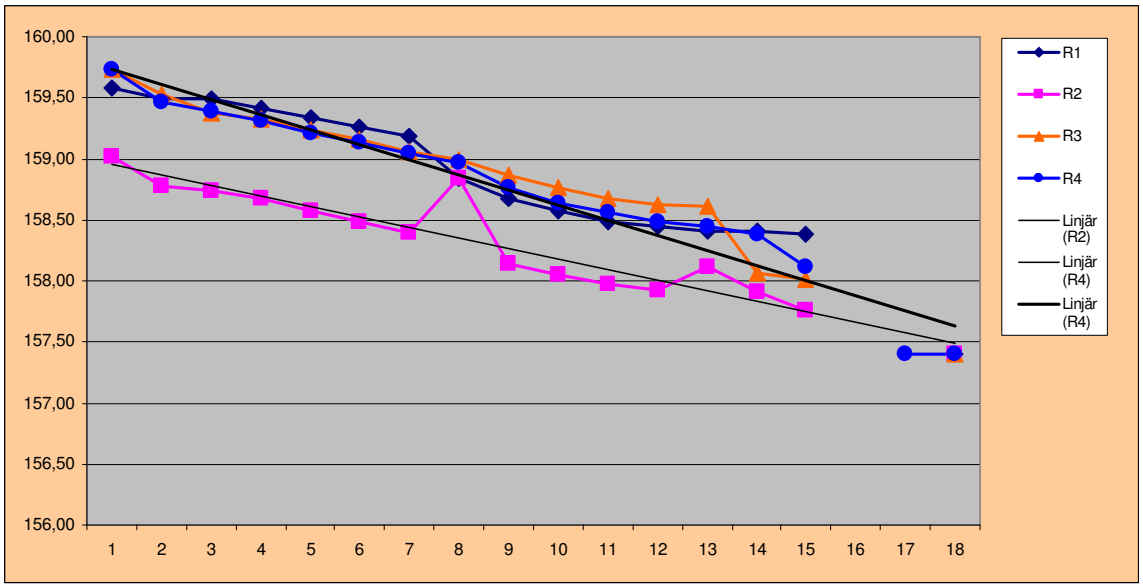


Figur 4. Sista schaktetappen

Grundvattensänkning
Grundvattensänkningen utfördes med hjälp av djupbrunnspumpning. Ett silrör av plast installerades i ett nedborrat foderrör. Filtersand fylldes på i mellanrummet mellan rören under det att forderröret drogs upp. Filterörrets slitsvidd var 1 mm, och filtersandens konrnstorlek #2 mm. Den sammanlagda slitsytan valdes så att strömningshastigheten genom slitsarna begränsades till ca 1 m/s.

På ca 3 m djup under schaktbotten monterades i varje rör en djupbrunnspump med kapaciteten ca 1200 liter/minut. Pumparna drevs med el från fabrikens elnät, vilket också säkerställde erforderlig reservkapacitet i händelse av elavbrott på den primära matningen.

Grundvattensänkningen startade i mars 2007 och pågick under ca 3 månader för att uppnå den nödvändiga sänkningen ca 5.2 m. Till en början skedde sänkningen i 4 rör placerade utanför fabriksbyggnaden så att produktionen inte störtes av slangar, ledningar och liknande.



Figur. Grundvattensänkning. Avvikelse omkring v 13 orsakades av skyfall.

Det sammanlagda pumpflödet var ca 250 m3/pump/vecka. Grundvattennivåns sjunkning motsvarade med detta flöde den sänkningshastighet som skulle leda till målet.

Vid slutet av maj uppkom emellertid en period med skyfall och översvämningar – upp till 100 mm på ett dygn registrerades i området! Nederbörden medförde även att sänkningen bromsades upp, varför 4 extra brunnar installerades. Genom den insatsen uppnåddes att schaktningsarbetet kunde utföras i torrhet såsom planerat.

Dimensioneringsförutsättningar
Säkerhetsklassen föreskrevs till klass 2. Vidare valdes geoteknisk klass GK2.

Belastningen på fabriksgolvet intill sponten representerades av maskiner, transporter och grundläggningskonstruktioner för byggnaden. Utöver det sidotryck dessa laster gav upphov tillkom jordtryck av jordens tunghet. Genom försiktiga av såväl karakteristiska materialegenskaper som partialkoefficienter blev sidotrycket för brottgränstillståndet mycket stort.

I brottgränstillståndet antas tvärsnittets kapacitet motsvara att tvärsnittet är helt genomplasticerat, se figur 4. Eurocode 4, anger regler för dimensionering av kompositkonstruktioner av stål och betong.

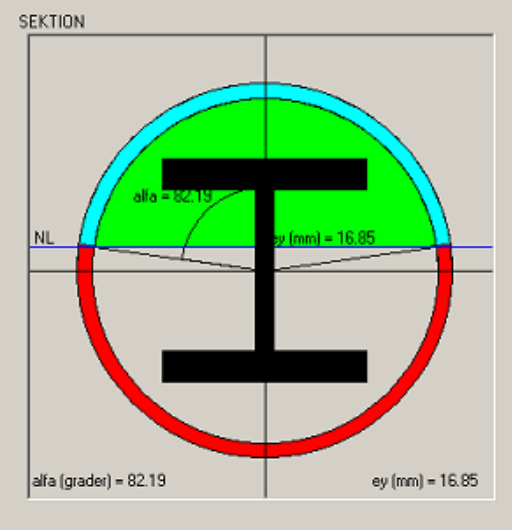


Fig 4. Plasticerat tvärsnitt, brottgränstillstånd

Vid ren momentbelastning förutsätts mobiliserade maximala krafter i dragna delar av rör och balk respektive tryckta delar av rör, balk och betong. Kravet på horisontell kraftjämvikt i tvärsnittet ger neutrala lagrets läge och momentets storlek.

Beräkningsmodellen ger resultat som stämmer bra med utförda böjprovningar av betongfyllda rör. I gränsytorna mellan delarna uppkommer i rörets längsled skjuvspänningar, vars storlek enligt olika undersökningar kan uppgå till ca 2 MPa i brottgränstillståndet. Noteras att som dimensionerande värde enligt Bro 2004 32.223 godtas 0.4 MPa., vilket vanligen är tillräckligt för att uppnå kraftfördelning enligt figuren.

Kontrollåtgärder
Dubbar för sättnings- och vibrationsmätning monterades på alla känsliga installationer i och i närheten av spontningsområdet. Mätningarna visade att ställda krav på begränsning av omgivningspåverkan innehölls. Den från början förutsatta tekniken för borrning och förankring behövde inte modifieras.

Grundvattensänkningen kontrollerades i ett antal 50 mm pejlrör. Mätdata avgjorde beslut om kompletterande insatser. Det uppumpade grundvatten pumpades till en container där sedimentation och avskiljning av föroreningar kunde ske innan vattnet släpptes ut i ån. Prover togs kontinuerligt och sändes till vattenlaboratorium för analys. Reningen funderade under hela arbetet tillfredställande.

Sammanfattning
Utförandet av en spont i glasfabriken under med full produktion ställde maximala krav på säkerhet samt begränsning av omgivningspåverkan. För att uppfyllda ställda krav valdes en borrad rörspont. Vidare utfördes samtidigt en ca 5 m djup grundvattensänkning.

Genom att välja borrad grundläggning uppfylldes de ställda kraven. Tids- och kostnadsplaner kunde hållas, trots överraskningar i form av hinder i marken och ökade grundvattenflöden orsakade av skyfallsliknande regn.