

**SBUF 11563 –
Erfarenheter av riskexponering vid totalentreprenader**

Stockholm 2006

Tekn Dr Ulf Håkansson
Tekn Dr Lars Hässler
Prof Jan Bröchner

Skanska Project Support AB
Golder Associates AB
Chalmers Tekniska Högskola

Innehåll

| | |
|---|----|
| Sammanfattning | 3 |
| Förord..... | 6 |
| 1 Inledning | 7 |
| 1.1 Bakgrund..... | 7 |
| 1.2 Historik | 7 |
| 1.3 ”Skärpning <i>vilka gubbar</i> ”?..... | 9 |
| 1.4 Målsättning och syfte..... | 10 |
| 2 Riskfördelning i totalentreprenader | 11 |
| 3 Litteraturstudie..... | 12 |
| 3.1 Totalentreprenaden – en framgångsrik entreprenadform?..... | 12 |
| 3.2 Risk i totalentreprenader | 12 |
| 3.3 Byggbarhet..... | 14 |
| 3.4 Överdrivet säkra projekteringslösningar?..... | 15 |
| 3.5 Samordning av projektering och produktion | 15 |
| 3.6 Slutsats | 16 |
| 4 Projektuppföljning | 17 |
| 4.1 Metodik..... | 17 |
| 4.2 Analysresultat | 17 |
| 4.2.1 Beställarens projektbeskrivning och fördelning av ansvar för risker | 17 |
| 4.2.2 Beställarens styrning och kontroll | 18 |
| 4.2.3 Totalentreprenörens riskanalys och riskhantering | 19 |
| 4.2.4 Totalentreprenörens organisation och designfunktion..... | 19 |
| 4.2.5 Oberoende expertgranskning | 20 |
| 5 Diskussion och rekommendationer..... | 21 |
| 5.1 Generellt..... | 21 |
| 5.2 Rekommendation till beställare | 22 |
| 5.3 Rekommendation till entreprenörer | 23 |
| 5.4 Rekommendation till konstruktörer | 25 |
| Litteratur | 26 |
| Bilaga..... | 28 |

Sammanfattning

Projektets mål har varit att genom erfarenhetsdata visa hur identifiering och systematisk hantering av risker i de tidiga skedena kan påverka lönsamheten hos anläggningsprojekt på totalentreprenad.

Utifrån en genomgång av befintlig litteratur har ett antal kritiska nyckelfaktorer framtagits. Dessa nyckelfaktorer inverkan och betydelse för projektresultat har sedan studerats genom intervjuer av nyckelpersoner engagerade vid utförandet av tre stora totalentreprenader

Förutom denna sammanfattning består rapporten av ett inledande kapitel 1 som behandlar bakgrund, historik, en diskussion kring byggkommissionens rapport ”Skärpning gubbar” och en beskrivning av detta arbetes målsättning och syfte. Därefter följer i kapitel 2 en diskussion om riskfördelning i totalentreprenader. I kapitel 3 redovisas litteraturstudien avslutad med resultatet i form av följande fem kritiska nyckelfaktorer:

- Beställarens projektbeskrivning och fördelning av ansvar för risker
- Beställarens styrning och kontroll
- Totalentreprenörens riskanalys och riskhantering
- Totalentreprenörens organisation och designfunktion
- Oberoende expertgranskning

Kapitel 4 redovisar utförd projektuppföljning utifrån de kritiska nyckelfaktorer som framkom i litteraturstudien. Kapitel 5 innehåller rekommendationer och en diskussion runt framkomna rekommendationer.

Generellt har följande slutsatser dragits:

- Totalentreprenader har potential att minimera resursslöseri och driva fram optimala tekniska lösningar anpassade till verkliga förhållanden.
- Med ökande osäkerheter avseende verkliga förhållanden och ökade risker följer ökande krav på kompetens och organisationsstruktur hos den part eller de parter som har ansvaret för osäkerheter och risker.
- Trots trenden med ökande andel totalentreprenader i stora anläggningsprojekt är aktörerna (konstruktörer, beställare och entreprenörer) idag oftast inte medvetna om de speciella krav och förutsättningar som lägger grunden för lyckade projektgenomföranden.

Studien har gett följande kortfattade rekommendationer:

Generellt

- Det bör klart definieras i kontrakt vilken part som ansvarar för och äger samtliga identifierade och icke identifierade risker.
- Gemensamma workshops mellan alla parter kan vara till stor nytta i tidiga projektskeden.

För beställaren

- Att förlägga stort ansvar för osäkerheter och risker hos totalentreprenören medför att beställaren bör ställa motsvarande stora krav på entreprenörens organisationsstruktur och kompetens.
- Att förlägga ansvar för risker hos totalentreprenören medför att entreprenören bör ha väl tilltagen tid för analys av dessa risker i sitt anbudsarbete.
- Att förlägga ansvar för risker hos totalentreprenören medför att entreprenören bör få full kontroll över både den design och den designtidsplan som är relaterad till riskerna.
- För de delar där entreprenören har designansvaret skall beställarens inflytande vara begränsat till i kontraktet specificerade design-, funktions-, miljö och kvalitetskrav.
- Om beställaren misstänker fel i utförandet bör beställaren dokumentera och redovisa sina misstankar för entreprenörens åtgärd och avvikelserapportering istället för att direkt försöka påverka eller avbryta arbetet.
- Om beställaren i kontraktet anvisar lösningar eller utföranden bör beställaren också ansvara för dessas funktion.
- Även om beställaren kontraktuellt lagt ansvaret för osäkerheter och risker hos entreprenören så bör beställaren hålla en egen organisation som har kompetens och mandat att fatta snabba beslut även om detta leder till ökande kostnader.

För entreprenören

- Entreprenören bör vara medveten om de ökade kraven på kompetens och organisation som följer av övertagandet av designansvaret.
- Entreprenören bör i sin organisationsstruktur inkludera en ”design interface management”-funktion direkt underställd projektchefen (kraven på

funktionen är höga då uppgiften är att förena produktions- och designteam och på samma gång bygga upp ett förtroende gentemot beställaren).

- Som grund för anbud, organisation och kontrakt bör entreprenören upprätta en strukturerad riskanalys och riskhanteringsprocess.
- Arbetet med uppföljning och uppdatering av den strukturerade riskanalysen och riskhanteringsprocessen bör fortgå under alla projektets faser.
- Entreprenören bör överväga regelbundna projektgenomgångar av oberoende expertgrupper under hela projektiden från anbudsarbete till färdigställt projekt.
- Användande av fastpriskontrakt för designarbete i totalentreprenader kan starkt ifrågasättas då denna ersättningsform vanligtvis eliminerar alla typer av incitament för designoptimering.
- Entreprenören bör överväga ett designarbete som färdigställs i fas med projektets framåtskridande i takt med att osäkra designparametrar fastställs.

För konstruktören (designern)

- Designern bör i sitt kontrakt inkludera och säkerställa incitament för en kontinuerlig uppdatering och optimering av designen.
- Designern bör hålla en stark representation på plats som är kompetent nog att kontinuerligt anpassa designen till produktionsönskemål och kompetent nog att i fas med projektets framåtskridande hantera fastställande av osäkra designparametrar.

Förord

I denna rapport redovisas en analys av riskexponering vid totalentreprenader. Arbetet påbörjades i slutet av 2004 och har genomförts med stöd från Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF). Projektledare har varit tekn dr Ulf Håkansson, Skanska Project Support AB, och rapporten har författats gemensamt med tekn dr Lars Hässler, Golder Associates AB och professor Jan Bröchner, Institutionen för Teknikens ekonomi och organisation vid Chalmers Tekniska Högskola. Stöd har lämnats även av Formas som resebidrag, vilket gjort det möjligt att presentera resultat från projektet vid den kanadensiska civilingenjörsorganisationens (CSCE) internationella konferens i Calgary i maj 2006 (jfr rapportbilagan).

Författarna vill särskilt tacka deltagarna i projektets referensgrupp – Kyösti Tuutti, Stig Holmqvist, Rolf Hörnfeldt och Lars Erik Lantz - och de medverkande som beredvilligt låtit sig intervjuas om sina erfarenheter från tre i de tre stora infrastrukturprojekt.

Solna i augusti 2006

Ulf Håkansson

Lars Hässler

Jan Bröchner

1 Inledning

1.1 Bakgrund

I stora anläggningsprojekt finns det idag en klar tendens att föra över mer risk på entreprenören. Detta kan ses i en ökning av mängden totalentreprenader och totalåtaganden ("Design and Build", "Design and Construct"), där inte bara risker i utförandet utan även risker för designen bärs av entreprenören. I vissa fall förekommer det även att entreprenören tar på sig en större risk utan att för den skull få större frihet att agera eller möjlighet att påverka situationen och riskerna.

Risker och kritiska faktorer vid framförallt totalentreprenader behöver belysas för att ge en nyanserad bild och omfattning av den riskfyllda verkligheten som entreprenörer arbetar inom. En systematisk genomgång av erfarenheter och principer är nödvändig för att få en mer effektiv hantering och fördelning av risker i totalentreprenader även för mindre anläggningsprojekt i Sverige.

Oavsett skillnader i kontraktsformer, samarbetskulturer och projektorganisation anser vi att det finns utrymme för förbättringar i många avseenden. Framförallt så att inte den tekniska utvecklingen ifrågasätts och att varje part kan förmås ta sin del av de risker som de har möjlighet att påverka. Exempel på problem är:

- Ologisk delning av risktagande mellan parterna – extern konsult – beställare – entreprenör – entreprenörens egna konsulter (som ett led i partnering eller i andra arrangemang).
- Avsaknad av fokusering i tidiga skeden, där kostnader och tidsbrist särskilt i anbudsskedet ofta leder till lågt utnyttjande av relevant expertis.
- Konflikter under byggskedet där projekterade mängder sällan överensstämmer med verkligheten och där många vitala förutsättningar inte undersökts i tidiga skeden.
- Avsaknaden av systematisk riskhantering och om sådan finns, brister i samordningen mellan parterna vid identifiering, analys och åtgärder i samband med tänkbara risker och möjligheter.

1.2 Historik

Totalentreprenaden som entreprenadform tillkom i mitten av 1960-talet och var då i första hand tänkt att förnya husbyggandet. Genom att tilldela entreprenören ett större ansvar för projekteringen skulle beställarna kunna uppmuntra till nytänkande på ett annat sätt än då upphandlingen enbart baserades på detaljerade tekniska lösningar. Det fanns stora förhoppningar om att kunna utveckla funktionsformuleringar från beställarnas sida och att systematiskt kunna kvalitetsvärdera olika anbud som utformats med utgångspunkt i funktionsbeskrivningar. Tanken på att integrera

produktutformning och produktionskunnande ledde till föreställningen att entreprenadföretagen skulle komma att ha anställd projekterande personal, i likhet med dåtidens bilindustri. Parallellt med utvecklingen av entreprenadformen skedde en övergång till att formulera statliga byggbestämmelser mer i funktionsstermer. Jämfört med andra länder har totalentreprenaden tidigt kommit att bli av stor betydelse i Sverige.

Totalentreprenaderna förväntades leda till tidsvinster i projekten, bättre val av tekniska lösningar, samt högre grad av säkerhet om pris. En ursprunglig tanke bakom utvecklingen av totalentreprenadformen var att inslaget av ändrings- och tillägsarbeten (ÄTA) skulle minska radikalt till följd av att entreprenören övertar ansvaret för projekteringen. Så har inte blivit fallet. Förklaringen är oftast den blandning av funktions- och detaljkrav som återfinns i förfrågningsunderlagen, men det kan också vara svårigheterna att ställa och samordna olika funktionskrav som ger upphov till ÄTA.

Ett funktionstänkande fanns redan etablerat inom anläggningssektorn genom att svenska beställare inom den offentliga sektorn har haft en tradition av att pröva och ibland acceptera sidoanbud där anbudsgivaren föreslagit en alternativ konstruktionslösning.

I verklighetens totalentreprenader har funktionsfrågan kommit att tonas ned, och i stället har projekteringsarbetet i många totalentreprenader drivits långt i detalj av beställaren innan entreprenören övertagit ansvaret (styrd, eller mycket styrd, totalentreprenad). Här kan entreprenören förvillas att tro att alla nödvändiga undersökningar har utförts och att de tänkbara riskerna har beaktats, vilket sällan är fallet. Den styrda totalentreprenaden betyder att entreprenörens möjligheter att utnyttja sitt kunnande minskar, samtidigt som beställaren överlämnar de risker som ligger i bristfällig projektering. Skulle det dessutom visa sig att de detaljerade tekniska lösningarna som beställarens konsulter föreskrivit inte fungerar i praktiken, blir den styrda totalentreprenaden särskilt problematisk. Vi återkommer till ansvarsfrågan i kapitel 2.

En nyckelfråga i sammanhanget är beställarorganisationens tekniska kompetens och förståelse för byggnadsverkets framtida användning. Så länge som det fanns en integrerad kompetens som var relativt jämnt sysselsatt med liknande frågor och kunde vidmakthålla eller öka sin expertis, blev entreprenadformen och dess ansvarsregler inte lika kritiska som när beställaren var helt beroende av tillfälligt upphandlad extern kompetens. Om en sådan splittrad situation på beställarsidan kombineras med anbudsgivare som har överkapacitet för det slag av byggnadsverk som är aktuellt, finns det en förhöjd risknivå för ineffektiva och konfliktfyllda projekt. Till saken hör att även entreprenören med åren kan tänkas ha reducerat sin interna tillgång till expertis på området. En bidragande orsak har varit svårigheterna att bereda specialister en jämn sysselsättning när marknadsefterfrågan i Sverige har varit ryckig och medfört perioder med underkapacitet och överkapacitet. Bland både beställare och entreprenörer har det uppträtt symptom på outsourcingproblem,

framför allt i fråga om kompetens. Outsourcingproblemen kan leda till låg beslutskapacitet och lågt ansvarstagande. Andelen ”fair play” under projektens genomdrivande minskar samtidigt som viktiga beslut fördröjs och utreds i alltför stor omfattning.

Sedan 1960-talet har världen förändrats på flera sätt som nu tvingar fram en omprövning av förhållningssätt och rutiner i totalentreprenader. Teknikutvecklingen på anläggningsområdet har inte stått still, och graden av komplexitet har därför ökat åtminstone i de större projekten. Ny och mer kraftfull informationsteknik och skarpare analysverktyg har öppnat större möjligheter för att successivt göra allt mer resurseffektiva val av teknik och åtgärder under själva byggtiden. Emellertid har organisatoriska och administrativa trender i dagens samhälle samtidigt kommit att försvåra utnyttjandet av möjligheterna till successiv anpassning till ny information som kommer fram under genomförandet av anläggningsprojekt.

Bland både beställare och utförare bröt man upp vad som tidigare var samlade kompetenser och ökade beroendet av mer eller mindre tillfälligt upphandlat kunnande. Inom de stora beställarorganisationerna uppstod en tendens till att skapa barriärer mellan teknikkunnande och upphandlingskunnande, något som i viss mån kan förklaras av det nuvarande regelverket för offentlig upphandling (LOU). Det finns också vad man från entreprenörhåll kan uppfatta som exempel på att teknikkompetensen och det tekniska helhetsperspektivet på anläggningsprojekt har eftersatts på ledningsnivå inom beställarorganisationerna.

1.3 ”Skärpning vilka gubbar”?

Regeringen tillsatte 2002 en kommission, Byggkommissionen, som samma år överlämnade betänkandet (SOU 2002:115) *Skärpning gubbar! Om konkurrensen, kvaliteten, kostnaderna och kompetensen i byggsektorn*. Kapitel 4 har rubriken Byggfel och byggfusk, och det behandlar ”bristerna i dagens byggande”.

I detta kapitel tas tre exempel upp: Hammarby Sjöstad, Moderna Museet och Arkitekturmuseet samt Spårvägsbroarna på tvärbanan mellan Alvik och Sickla udde i Stockholm. Bostadsprojektet i Hammarby Sjöstad drabbades av problem som inte direkt berodde på beställarledet. De två senare projekten har haft offentliga beställare. Museiprojektet utfördes på generalentreprenad och spårvägsbroarna på totalentreprenad. Vad gäller museiprojektets fuktproblem har Fastighetsverket konstaterat att ”vårt pågående utvecklingsprojekt avseende nya former för upphandling av entreprenader med betydligt bättre samverkan mellan projektering och produktion får ökad aktualitet. Sådan samverkan leder till bättre kvalitet i byggprocessen.” I fråga om broprojektet och sprickproblemen som där uppstod pekar entreprenörerna på de dimensioneringsregler som beställaren - SL - föreskrivit i totalentreprenadkontrakten. Det är naturligt att läsaren av detta kapitel av betänkandet får ett intryck av att det har funnits kompetensbrister hos de offentliga beställarna eller hos deras konsulter.

I Byggherrens avslutande kapitel i *Skärpning gubbar!* med en lång rad av förslag är utgångspunkten att byggherrarna har försvagats. Behovet att höja kompetensen hos den offentliga sektorns byggherrar nämns, och det pågår arbete med att tillgodose vissa utbildningsbehov i regi av ByggherreForum, men det saknas en diskussion i kapitlet om vilka entreprenadformer och ansvarsförhållanden som är bäst lämpade för anläggningsprojekt med komplicerade förutsättningar och avancerad teknik. De gubbar som skall skärpa sig finns tydligen även på byggherresidan. I de avsnitt som nu följer skall vi analysera hur olika brister hos samtliga parter kan motverkas. Det handlar om kompetens, organisation, incitament, riskhantering och granskningsrutiner.

1.4 Målsättning och syfte

Projektets mål har varit att genom erfarenhetsdata visa entreprenörer hur identifiering och systematisk hantering av risker i de tidiga skedena kan påverka projektens lönsamhet, vilket i slutänden ger oss ett verktyg för en bättre bedömning av riskerna och hur de kan fördelas i framtida projekt.

Vidare belysa möjligheterna att få ökad lönsamhet i totalentreprenader inom anläggningssektorn för parterna genom att analysera vilka kritiska faktorer eller händelser som mest påverkar det ekonomiska utfallet i totalentreprenader.

Slutligen att bredda kunskaperna till fler aktörer i sektorn för ökad förståelse för nackdelarna med att ställa orealistiska krav i kontraktsskedet som innebär att betydande risker överförs på entreprenörer utan att en optimal riskfördelning mellan parterna beaktas.

2 Riskfördelning i totalentreprenader

I en totalentreprenad är det entreprenören som i förhållande till beställaren svarar för projektering och utförande. Beställaren kan uppge funktionskrav eller föreskriva en viss teknisk lösning. I det senare fallet är det beställaren som svarar för lösningen. Beställaren kan hänvisa till referensobjekt. Om den lösning som beställaren föreskriver inte fungerar, uppstår en situation där entreprenören har ansvaret för något som entreprenören inte kan påverka. Om detta inte har reglerats i kontraktet, uppstår en möjlighet till konflikt mellan parterna.

I Sverige är det Allmänna Bestämmelser för Totalentreprenader, ABT, som utgör standardavtalet för denna typ av projekt. Det framgår av förordet till förslaget till nya ABT (november 2005) att detta ”bygger på en rimlig balans mellan rättigheter och skyldigheter som syftar till en ekonomiskt optimal riskfördelning mellan parterna.”

En grundprincip är att den part som tillhandahållit uppgifter ansvarar för riktigheten av dessa. Här kommer begreppet ”fackmässig undersökning” in när principen skall tolkas. ”Beställaren förutsätts i förfrågningsunderlaget ha lämnat de uppgifter som kan erhållas vid en fackmässig undersökning av den fastighet [...]” En befogad fråga är om det är rimligt att beställaren i stället skall kunna föreskriva att varje anbudsgivare skall utföra hela eller delar av en sådan undersökning. Samtidigt förutsätts entreprenören före avgivandet av anbud ha en undersökningskyldighet, ha skaffat sig kännedom genom besök på platsen och ”i skälig omfattning ha skaffat sig kännedom om andra förhållanden av betydelse för hans anbud”. Här finns det ibland en tidsproblematik, att anbudsgivare skall kunna hinna skaffa sig denna kännedom.

Tunnelbyggen och många andra anläggningsprojekt (plus en del ombyggnader av äldre hus) präglas av att vissa förutsättningar för att välja den bästa tekniska lösningen blir kända först successivt under arbetenas gång. Ett fullständigt klarläggande redan i förfrågningsunderlaget skulle ställa sig oproportionerligt tidskrävande och dyrt. För att säkerställa en optimal riskfördelning i sådana projekt är det nödvändigt att införa regler för att hantera ny information som kommer fram sedan entreprenadavtalet har slutits och översätta de nya förutsättningarna till tekniska lösningar som uppfyller beställarens funktionskrav och som samtidigt är resurssnåla. I vissa fall kan det uppstå beslutsproblem som bottnar i kontraktsproblem, dvs att beställaren dels har ställt funktionskrav och dels anvisat detaljerade tekniska lösningar i förfrågningsunderlaget.

I princip kan man hävda att ju mer osäkerhet och risk som beställaren för över på entreprenören, desto mer får beställaren betala. På kort sikt och inom ramen för enstaka upphandlingar kan detta samband mellan risk och pris dock vara svårt att upptäcka.

3 Litteraturstudie

I detta kapitel görs en genomgång av utländska studier från senare år. De frågor som tas upp är framgångsfaktorer knutna till själva entreprenadformen, riskfördelning och riskhantering i totalentreprenader, begreppet byggbarhet samt problemet med projektörer som väljer överdrivet säkra tekniska lösningar. Slutligen redovisas facklitteraturens organisatoriska krav för att säkra ett bra samband mellan projektering och produktion.

3.1 Totalentreprenaden – en framgångsrik entreprenadform?

Internationellt sett kan man uppfatta trenden mot att i allt högre grad förlita sig på funktionskrav och totalentreprenader som en reaktion på stigande krav på redovisning och ansvar för stora infrastrukturprojekt (Flyvbjerg m.fl. 2003). Medan Wagner (2004) hävdar att totalentreprenader har lett till påtagligt lägre kostnader för tyska och österrikiska infrastrukturprojekt, kunde Ibbs m.fl (2003) visa med hjälp av amerikanska data från Construction Industry Institute att totalentreprenader troligtvis medförde kortare projektider, men att man kunde diskutera om kostnaderna verkligen blev lägre än i traditionella utförandeentreprenader. Chan m.fl. (2001) har använt flervariabelanalys för att identifiera framgångsfaktorer för offentliga anläggningsprojekt (totalentreprenader) i Hongkong. Deras undersökning tydde på att det fanns tre faktorer som förklarar framgångsrika projekt: projektteamets engagemang, beställarkompetensen och entreprenörkompetensen. Teamengagemangsfaktorn var höggradigt korrelerad med enkätreaktioner på påståenden som att ”projektmedverkande löste konflikter snabbt”, ”arkitekten hade förmågan att projektera väl inom budget och enligt tidplanen” och ”entreprenörens projekteringskonsulter hade en djupgående förståelse av byggprocessen”.

Det har varit vanligt att koncentrera på principer för att avgöra hur omfattande informationsunderlaget bör vara som beställaren lämnar ut inledningsvis i totalentreprenadupphandling (Fredrickson 1998, Ling och Lau 2002). Likaså är det en fråga om hur mycket information om markförhållanden m.m. som beställaren bör tillhandahålla i anbudsstadiet (Bröchner 1994, Ling och Lau 2002). Däremot har frågan om flexibilitet i valet av projekteringslösningar under byggtiden väckt mindre intresse.

3.2 Risk i totalentreprenader

Grunderna för hur risk bör fördelas mellan ett byggprojekts parter i syfte att maximera effektiviteten är välkända (Ward m.fl. 1991). Man anser allmänt att en risk bör bäras av den part som har lättast att förutse och hantera risken, samtidigt som man måste ta hänsyn till att det inte alltid är uppenbart att denna part har förutsättningar att fullt ut bära denna risk. I verklighetens totalentreprenader kan beställare visa sig frångå grundprincipen. På lång sikt kan beställare förväntas få

möta en högre prisnivå från entreprenörledet då entreprenörerna tvingas åta sig risker som beställarna själva borde ha bättre möjligheter att hantera effektivt.

Sedan 1980-talet har International Tunnelling Association (ITA) utfärdat ett antal rekommendationer som rör kontraktsmässig riskfördelning, dennas förhållande till olika kontraktstyper och principer för riskhantering (ITA 1996; Eskesen m.fl. 2004). Numera föreligger det också ett par användbara handböcker (Lafford m.fl. 2000; Brierley och Hatem 2002).

I den vetenskapliga litteraturen finns det flera utvärderingar och analyser av verkliga totalentreprenader. Med hjälp av flervariabelstatistik har en amerikansk undersökning (Molenaar och Songer 1998) studerat hur den ursprungliga projektdefinitionen samvarierar med framgången hos olika projekt. Undersökningen täckte olika slags projekttyper och projektstorlekar, men endast fem procent av projekten avsåg väg och anläggning. Man konstaterade att projektframgången var oberoende av graden av teknisk precisering i förfrågningsunderlaget. Projektavgränsningen (scope) var däremot betydelsefull. En studie av hur erfarna projektledare och chefer uppfattar olika byggprojektrisker i utvecklingsländerna visar att de tre viktigaste riskerna på projektnivå uppfattas vara kostnadsöverskridanden, olämplig projektering och olämplig projektledning (Wang m.fl. 2004).

Sammanfattningsvis kan man konstatera från litteraturen att projektet skall vara väldefinierat, med beställarens behov och krav tydligt beskrivna, liksom projektets omfattning. Riskfördelningen skall präglas av en genomgripande medvetenhet om riskerna, där alla förutsebara risker identifieras och utvärderas av beställaren. Därefter skall den rimliga riskfördelningen beskrivas uttryckligen i förfrågningsunderlaget och senare ingå som en otvetydig del av kontraktshandlingarna. Här bör beställarens tidigare erfarenheter av totalentreprenadformen jämföras med en grundläggande förståelse av totalentreprenadprocessen, med dess för- och nackdelar, vara av stor nytta för projektet.

Enligt litteraturen skall beställarens styrroll återspeglas i den risknivå som beställaren har överfört till totalentreprenören. Beställare måste överlämna styrningen av projekteringen, ge tillräcklig tid för projekteringsarbetet och vidare godta att den som bär projekteringsrisken också måste tillåtas avgöra projekteringstidplanen. Beställaren skall fokusera på att uppnå den kvalitet och det arbetsresultat som föreskrivs i kontraktshandlingarna. Bra kommunikationer under hela projekttiden är viktiga så att beställaren kan fatta beslut och informera alla projektets intressenter om sina krav. Gemensamma arbetsmöten (workshops) i tidiga projektskedan är ett verktyg som utgör en bra början för att åstadkomma förbättrad förståelse och kommunikation.

Nordamerikanska och sydkoreanska entreprenörer har tillsammans med högskolestuderande deltagit i ett experiment som studerade riskattityder vid beslutsfattande om anbud på internationella byggprojekt (Han m.fl. 2005). Bland resultaten återfinns att beslutsfattare uppvisar större riskaversion och ställer upp striktare krav när de ställs inför misslyckade projekt. Likaså visade mer erfarna

beslutsfattare en högre grad av riskaversion. I en teoretisk modell som utgår från erfarenheter från norska oljeutvinningsprojekt har Olsen och Osmundsen (2005) kunnat visa att beställare bör justera den avtalsmässiga riskfördelningen och kontraktsincitamenten så att dessa kompenserar för anbudsgivarnas konstaterade tendens att undvika rikstagande.

Enligt modern riskhanteringsmetodik kan risk förstås som en osäkerhet som är betydelsefull därför att den skulle kunna inverka på uppnåendet av projektmålen. Inverkan på projektmålen kan vara negativ (ett hot) eller positiv (en möjlighet). En strukturerad process för riskhantering inleds med en identifiering av olika faror och en utvärdering av risker som rör projektmålen, oftast tid, kostnad eller omfattning. Första stadiet – riskbedömning - försummas sällan, eftersom den utgör grunden för totalentreprenörens anbudskalkyl och prissättning. Emellertid sker det alltför ofta att den ursprungliga riskbedömningen glöms bort när en ny uppsättning personer kommer in i bilden under produktionsskedet. Det bör finnas en formaliserad och strukturerad riskhanteringsprocedur som överför riskbedömningen - och åtgärder för att undvika hot och säkerställa möjligheter - från anbudsteamet till projektledningen och som bär med sig information från anbudsskedet till produktionsskedet. Detta kan göras genom att utnyttja ett projektriskregister för dokumentation av vunna erfarenheter i analysen. Registret övertas av projektledaren, som i sin tur delegerar ansvar för riskerna till respektive teammedlemmar innan produktionen påbörjas.

3.3 Byggbarhet

För att totalentreprenören skall kunna hantera projekteringsrisken under produktionsskedet kan man lära sig en del av studier av byggbarhet. Sådana studier brukar oftast koncentrera sig på frågan om en tidig bedömning av hur utformning och byggande kan bli föremål för en samlad optimering, snarare än att diskutera hur successiva bedömningar kan användas för att optimera tvärsigenom produktionsskedet när ny information blir tillgänglig. En undersökning av byggbarhetsanalyser hos stora amerikanska konsultföretag visade att de två vanligaste teknikerna var expertgranskningar och användning av system för erfarenhetsåterföring (Arditi m.fl. 2002). Expertgranskningarna brukar avse projektledning eller projekteringslösningar och ibland kombinationer av dessa. Det visade sig att en fjärdedel av de studerade konsulterna gjorde byggbarhetsanalyser genom hela projekteringsprocessen, medan flertalet nöjde sig med att endast göra analyser för detaljprojekteringen. Anderson m.fl. (1999) undersökte byggbarhetsfrågor i amerikanska vägprojekt och kunde konstatera att delstaternas vägförvaltningar tenderade att uppfatta ”otillräcklig tid för granskning” som en viktig och kritisk aspekt. Reilly (2000) uppfattar det som ett kroniskt problem att anbudsgivarna har begränsad tid att utvärdera byggmetoder under upphandlingsskedet – inklusive de byggmetoder som är mest lämpade för de givna men förmodligen otillräckligt definierade geotekniska förhållandena. Detta anknyter i och för sig till frågor om aktiv eller informationsbaserad design, ett område som har lämnats utanför litteraturgenomgången.

Det är mer ovanligt att frågor om projekteringsledning och byggbarhet analyseras från entreprenörens utgångspunkter. Bland undantagen finns en undersökning av projekteringsledning (Bibby 2003), och Mendelsohn (1997) har diskuterat byggbarhetsanalyser. Man har ofta tolkat byggbarhet enbart som en fråga om kortare byggtider (Eldin 1999). Dessa studier saknar emellertid det helhetsgrepp och fokus på osäkerheter som skulle göra dem tillämpbara i större anläggningsprojekt.

3.4 Överdrivet säkra projekteringslösningar?

I ITA:s ställningstaganden (1996) i fråga om entreprenadformer nämns att totalentreprenörer sällan har motiv för att överdriva projekteringen av ett objekt. Samtidigt erkänner ITA att det kan finnas en frestelse till överdrivna projekteringslösningar när utformningen vilar på en externt anlita projektör (konsult). Överdriven projektering förklaras av ITA som "att inkludera i utformningen onödiga egenskaper och tekniska skyddsåtgärder för att säkra att tunneln med utrustning fungerar i enlighet med kontraktet". FIDIC:s publikation från 1994 om riskhantering konstaterar kort och gott att "försiktigt tänkande i samband med utformning och specifikationer inte utgör ett tvång att slösa arbetsinsatser och materialresurser". FIDIC understryker också att det är mänskliga faktorn, inte belastningar eller fel i bärande konstruktioner, som står för omkring 90 procent av alla tekniska brister. Därför bör det inordnas styrinstrument som säkrar lämpliga incitament för projektören så att projekteringslösningarna blir optimala och framför allt byggbara, att det genomförs värdeanalyser samt regelbundna analyser av byggbarheten. Det är nödvändigt att projektören är i hög grad tillgänglig där arbetena utförs och att projektören har tillräcklig personlig styrka för att motstå orealistiska och överdrivet optimistiska krav från de produktionsansvariga. Särskilt viktigt är att det finns ett starkt incitament för projektören att söka andra lösningar än de först framtagna om detta skulle innebära förbättringar.

Vid internationella jämförelser måste man också beakta inom vilket rättssystem som totalentreprenader genomförs. Detta gäller särskilt hur entreprenörer skall kunna hantera ansvaret för projekteringslösningar, ett problem som visar sig vara betydelsefullt enligt en färsk undersökning bland entreprenörer, beställare och projektörer i Hongkong (Chan och Yu 2005).

3.5 Samordning av projektering och produktion

Det finns ett uppenbart behov av organisatoriska arrangemang som tillåter entreprenörer att hantera projekteringsrisker. De riktlinjer som utgivits av brittiska CIRIA (Lafford m.fl. 2004) rekommenderar att entreprenören utser en erfaren "Design Interface Manager", vilket är en tyngre funktion än en projekteringsledare i all allmänhet. Denna befattning fungerar som en brygga mellan de olika kompetenserna och kulturerna hos produktionspersonal och projektörer. Den som fyller denna funktion i organisationen har ett antal viktiga roller. Denna samordnare, eventuellt med stöd av en egen grupp personer som utgör ett team för att samordna projektering och produktion, skall säkra att projekteringen optimeras, bygga upp

förtroende mellan totalentreprenören och beställaren och i grund och botten hantera de ibland motstridiga intressen som är typiska för projektering och byggande. Befattningen, som alltså finns hos totalentreprenören, ställer höga krav på administrativ och teknisk kompetens, liksom en förmåga att skapa goda relationer. Det är viktigt att det finns någon som fyller denna roll redan i de allra första skedena av ett projekt så att man kan garantera att de krav som ställs på projekteringen och byggande är korrekta och konsistenta. Det betonas av CIRIA att det är synnerligen önskvärt att den som har denna befattning rapporterar direkt till entreprenörens projektledare så att negativa följder av motstridiga intressen kan minimeras.

I CIRIA:s riktlinjer diskuteras även behovet av projekteringsgranskning utförd av erfarna tekniker som inte ingår i själva projektpersonalen. Vad som berättigar användningen av externt stöd och rådgivning är komplexiteten i större anläggningsprojekt och det stora ansvar som läggs på ett fåtal individer i projekten. Det neutrala stödet och rådgivningen kan organiseras genom att man har objektiva och oberoende projekteringsgenomgångar, med regelbundna intervall genom hela projektets livscykel. Det kan vara tal om avsevärd nytta för projektet till följd av rekommendationer och råd från icke-intressenter som äger förmågan att se olika frågor i ett helhetsperspektiv.

3.6 Slutsats

Utgående från vad som slagits fast i den internationella litteraturen har vi funnit fem kritiska faktorer gällande totalentreprenader:

- Beställarens projektbeskrivning och fördelning av ansvar för risker
- Beställarens styrning och kontroll
- Totalentreprenörens riskanalys och riskhantering
- Totalentreprenörens organisation och designfunktion
- Oberoende expertgranskning

4 Projektuppföljning

4.1 Metodik

Tre stora (med kontraktssummor omkring 1-2 miljarder SEK) internationella anläggningsprojekt med totalentreprenad har valts ut för analys. Samtliga tre projekt innehåller komplicerade geotekniska arbeten med svåra frågeställningar och följaktligen en stor andel mer eller mindre oförutsedda risker. Detta har inneburit att entreprenören, i samtliga projekt, har varit tvungen att identifiera, bemöta och hantera en mängd risker under projektets olika skeden. De utvalda projekten är aktuella och belägna i olika världsdelar, vilket gett ett stort urval av olika frågeställningar. Projekten är i vissa fall ej avslutade och berörs av pågående tvister, varför projektuppgifter inte redovisas i detalj av sekretesskäl. De grundläggande frågeställningarna torde dock framgå utan att gå in på detaljer.

Valet av projekt i utlandet har gjorts för att undvika intrycket av irrelevant partsinlägga, vilket hade kunnat vara fallet om svenska projekt analyserats. Avsikten är emellertid att de iakttagelser som har gjorts skall vara av intresse och betydelse även för mindre anläggningsprojekt på totalentreprenad i Sverige.

För att kunna avgöra vilka kritiska faktorer som har haft störst betydelse för projektens utveckling, har semistrukturerade intervjuer hållits med chefer på hög nivå inom projekten. Intervjuerna, som utförts under 2005, har inledningsvis innehållit övergripande frågor beträffande kontraktuella förhållanden, riskdelning mellan beställare och entreprenör, samarbetsformer med eventuella partners samt en diskussion om potentiella och upplevda fördelar med totalentreprenader ur entreprenörens synvinkel. För anbudsskedet har mer detaljerade frågor behandlat utförd riskanalys, utnyttjande av externa experter, beslutsprocess samt, i förekommande fall, kompletterande fältundersökningar. För utförandeskedet har detaljerade frågor behandlat möjligheter med designansvaret, beställarens styrning, fortsatt riskhantering samt de ursprungliga förutsättningarnas giltighet.

Resultaten från intervjuerna i de tre projekten har strukturerats enligt de fem kritiska faktorerna för totalentreprenader, de faktorer som framkommit i genomgången av den internationella litteraturen i föregående kapitel.

4.2 Analysresultat

4.2.1 Beställarens projektbeskrivning och fördelning av ansvar för risker

Samtliga tre projekt upplevde stora förändringar jämfört med vad som ursprungligen fanns uttalat i kontraktet. Konsekvenserna av dessa förändringar var olika i de tre

projekten, men slutsatsen är att projekten inte var väldefinierade i förhållande till de konstruktioner som skulle byggas. För två av projekten, med en implementering av alternativa tekniska lösningar, resulterade detta i att den ursprungliga förundersökningen på plats var otillräcklig med hänsyn till de byggnadsverk som faktiskt uppfördes.

De generella kraven för projektering och utförande bedöms som tillfredsställande för samtliga tre projekt, medan innehållet i de ofta alltför detaljerade kraven kan ifrågasättas.

För samtliga tre projekt blev det uppenbart under utförandet att vissa kontraktskrav i specifikationerna var både irrelevanta och omotiverade ur teknisk synvinkel. Detta resulterade i onödigt konservativa och kostsamma lösningar. I två av projekten, där entreprenören ansträngde sig för att optimera designen på ett sätt som motsatte sig de felaktiga kraven, uppstod problem med beställaren i godkännandeprocessen. För andra delar av projekten, där väl valda och väl strukturerade krav stipulerats av beställaren, fungerade godkännandet på ett smidigt sätt.

I ett av projekten var beställarens krav extremt strikta och konsekvenserna av detta inte fullt uppmärksammas av entreprenören i ett tidigt skede och därför inte tillräckligt behandlat i anbudspriset och tidplanen.

Fördelningen av riskansvaret var likartad i de tre projekten med, i princip, all risk överförd till totalentreprenören.

4.2.2 Beställarens styrning och kontroll

Samtliga beställarorganisationer var traditionella, med beställarrepresentant och teknisk konsult på plats. Möjligen kan beställarens beslutskapacitet på plats ifrågasättas i ett av projekten.

Att erhålla acceptans från beställaren för designmodifieringar var ofta svårt, men varierade i svårighetsgrad mellan projekten. Det visade sig i princip omöjligt att implementera designändringar i de fall där beställaren redan godkänt arbetshandlingarna. Dialogen mellan beställare och entreprenör fungerade relativt väl men ledde oftast till designändringar enbart i de fall då entreprenören kunde påvisa geotekniska förhållanden som var sämre än förväntat. I ett av projekten accepterade dock beställaren ibland att kostnaden för utförandet kunde reduceras på grund av att förhållandena var bättre än man förutsatt i prognosen.

I ett av projekten störde beställarens agerande produktionen, ofta på grund av irrelevanta och okunniga krav ställda på det utförda arbetet, vilket skapade en konfliktfylld atmosfär som störde projektets framdrift.

4.2.3 Totalentreprenörens riskanalys och riskhantering

För två av projekten begränsades totalentreprenörens initiala riskanalys till en kostnadskalkyl för att erhålla rätt anbudssumma. I dessa fall utgjordes riskhanteringen av ett erfarenhetsbaserat kostnadstillägg utan någon fördjupad analys med moderna riskanalysmetoder. I det tredje projektet utfördes en riskanalys i ett tidigt skede av externa experter. Dessa använde sig av modern metodik och ett av resultaten var att kompletterande förundersökningar genomfördes för att bättre säkerställa projektets geotekniska förutsättningar.

Generellt utfördes ingen formell strukturerad riskhantering fortlöpande under projektens utförandeskede. Större risker, förknippade med implementeringen av alternativa tekniska lösningar, identifierades inte och var otillräckligt analyserade och bedömda. Detta ledde till kostnadsökningar för samtliga tre projekt och förseningar för två av projekten.

4.2.4 Totalentreprenörens organisation och designfunktion

Gemensamt för samtliga projekt var att det saknades incitament för konstruktören att optimera sin design. I två av fallen var konstruktören i princip anlitad med fastpriskontrakt, utan incitament att utföra det extra arbete och ta den ökade risk som en optimerad design innebär.

En viss designoptimering framtvingades i varierande grad i två av projekten, genom att introducera ett ”design/build interface team” i entreprenörens organisation. I ett av dessa två projekt reducerades möjligheterna för denna funktion att agera, på grund av kulturella skillnader och meningsskiljaktigheter inom konsortiet. Senare i detta projekt bytte man Design Interface Manager vilket medförde en ändrad prioritering och därmed ett bättre resultat. I det andra projektet påbörjades arbetet utan denna funktion och det var endast i ett senare skede som behovet av denna blev uppenbar och därför installerad. En skillnad mellan dessa två var att i ett av projekten var existensen av ett Design Interface Management Team direkt underställt projektchefen. I det andra projektet var denna funktion placerad under entreprenörens tekniske chef vilket gav upphov till mandatsproblem då det gällde att hantera intressekonflikter mellan å ena sidan produktion, och dess krav på snabb leverans av arbetshandlingar, och å andra sidan designoptimering. Det projekt som hade denna funktion direkt underställd projektchefen erhöll en bättre balans gentemot produktionsönskemål, vilket i slutänden resulterade i mer optimala designlösningar.

Det tredje projektet hade ingen Design Interface Management-funktion och följaktligen endast begränsade möjligheter för entreprenören att påverka designen, vilket i sin tur ledde till mycket konservativa lösningar och högre kostnader.

I ett av projekten var konstruktören svag, med mycket liten erfarenhet av projekt med totalentreprenadkontrakt. Detta resulterade i brister i designen, främst orsakat av obalansen mellan produktionskrav och egen erfarenhet och kompetens. En starkare

konstruktör hade i ett tidigt skede bättre kunnat motstå orealistiska produktionskrav som resulterade i mycket höga kostnader, särskilt om konstruktören hade haft stöd och krav från en Design Interface Manager.

I de projekt där det fanns en Design Interface Manager, som samarbetade med konstruktören, lyckades man ibland att övertyga beställaren om värdet och nyttan av en designoptimering. I ett av projekten fungerade detta tillfredsställande, både för den temporära och den permanenta designen. I det andra projektet, med denna funktion, var optimeringen mest relaterad till temporära konstruktioner på grund av att den permanenta designen redan godkänts i ett tidigt skede.

Som beskrivits ovan blev det under produktionsskedet uppenbart i samtliga projekt att en del av kontraktskraven var både tekniskt omotiverade och irrelevanta. Endast ett av projekten förstärkte organisationen i ett tidigt skede för att utföra en opartisk riskanalys och för att detaljstudera design och konstruktionskrav. Problem uppstod dock på grund av meningsskiljaktigheter inom konsortiet vilket resulterade i att framtagna rekommendationer inte till fullo kunde implementeras.

I två av projekten var designern (konstruktören) huvudsakligen lokaliserad på stort avstånd från arbetsplatsen, med enbart en minimal representation närvarande på plats. Detta resulterade i dålig kommunikation, försämrat samarbete samt förseningar i hanteringen av fråga/svar. Allt detta var av fundamental betydelse för projektens framskridande.

4.2.5 Oberoende expertgranskning

Med oberoende expert menas en person som inte har ett uttalat ansvarsområde inom projektet. Detta kan vara interna eller externa experter.

En oberoende expertgranskning utfördes i samtliga projekt, men i varierande omfattning. I ett av projekten var både beställare och entreprenör mycket beroende av utlåtande från respektive oberoende expertgrupp. Expertgruppernas arbete fungerade väl och bidrog starkt till att lösa såväl designfrågor som produktionsproblem.

I de övriga två projekten fungerade den oberoende granskningen mindre bra, möjligen på grund av bristande förtroende mellan beställare och entreprenör men också beroende på kulturella skillnader mellan entreprenörens konsortiepartners.

5 Diskussion och rekommendationer

5.1 Generellt

Grundtanken med totalentreprenadformen är sund. Ett fullt utnyttjande av potentialen med funktionskravsbaserade kontrakt skulle minimera resursslöseri och ge starka förutsättningar för bästa tekniska lösningar ur projektsynpunkt. För att nå dit måste alla parter, inklusive entreprenörer, konstruktörer och beställare, acceptera de icke traditionsenliga rollerna i processen och förstå betydelsen av dessa nya roller.

De undersökta projekten understryker att en hög nivå av osäkerhet och risk i ett större anläggningsprojekt medför speciellt höga krav på kompetens och organisationsstruktur. Ansvar för osäkerheter och risker kan principiellt placeras hos beställare eller entreprenör men det måste klart framgå i kontraktet vem som äger både identifierade och oförutsedda risker samt, om så är lämpligt, hur negativa utfall skall regleras.

I en utförandeentreprenad (generalentreprenad) är beställaren ansvarig för designen. Kompetenskrav avseende design vilar huvudsakligen hos beställarens organisation.

I en totalentreprenad har entreprenören eller vanligen det konsortium där entreprenören ingår ansvaret för utformningen (design). Kompetenskrav avseende design gäller huvudsakligen totalentreprenörens organisation.

Ett partneringskontrakt kan reglera ett affärsförhållande där de medverkande åtar sig att följa mer samarbetspräglade rutiner i syfte att effektivisera och förebygga konflikter. I grund och botten påverkar detta inte ansvarsfördelningen mellan parterna. Kompetenskrav avseende designen gäller parterna tillsammans inom ramen för samarbetet.

Oavsett kontraktsform kräver stora infrastrukturprojekt att beställarfunktionerna, både externa och interna, har stor erfarenhet och hög kompetens som säkerställer god kommunikation och ett projektoptimerat beslutsfattande.

Trots att trenden är en ökande andel totalentreprenader i stora infrastrukturprojekt, är det inte alla aktörer, vare sig konstruktör, beställare eller totalentreprenör, som till fullo insett konsekvenserna av denna kontraktsform. Om alla aktörer skall kunna dra nytta av fördelarna med en totalentreprenad, är det nödvändigt att beställare, konstruktörer och entreprenörer lär sig utnyttja de tekniska fördelar och möjligheter som finns samtidigt som man identifierar och minimerar riskerna förknippade med oförutsedda förhållanden. Gemensamma workshops kan här vara till stor nytta i tidiga skeden av projektet och är något som rekommenderas starkt.

5.2 Rekommendation till beställare

Det är av stor betydelse att beställaren är väl införstådd med hur projektets risknivå allmänt påverkar kraven i projektets, dvs både beställarens och entreprenörens, organisation. Om stort ansvar för risker läggs på entreprenören medför detta också att motsvarande stora krav skall ställas av beställaren på entreprenörens kompetens och organisation. Trenden att överföra mera eller all risk för exempelvis geotekniska osäkerheter till entreprenören kan starkt ifrågasättas, speciellt om detta inte åtföljs av motsvarande krav på kompetens och organisation eller om beställaren i alltför stor omfattning försöker styra hur entreprenören utför sitt arbete.

Om beställaren väljer att överföra risker till entreprenören, bör beställaren vara medveten om att dessa tar tid att analysera och att anbudstiden därför bör förlängas i motsvarande grad.

En optimal design i ett projekt med betydande osäkerheter kräver ofta att slutlig design fastställs i samma takt som verkliga förhållanden avslöjas. I ett projekt där beställaren överfört större delen av riskerna till entreprenören måste beställaren därför acceptera att designen utförs av entreprenörens organisation och att detta innefattar både tekniska lösningar och tidplan för designleverans. Beställarens styrning och påverkan på projektet skall därför vara begränsad till specificerade design- och funktionskrav samt att alla arbeten utförs enligt de miljö- och kvalitetskrav som finns specificerade i kontraktet.

Då utförandefel misstänks är det vanligt att beställaren eller hans representant direkt påpekar detta för dem som utför arbetet eller i värsta fall stoppar arbetet. Ett sådant förfarande kan snabbt leda till allvarliga produktionsstörningar eftersom det inte är beställaren som har ansvaret för vare sig arbetet eller personalen som utför arbetet. Om beställaren anser att entreprenören inte uppfyller gällande krav i ett visst arbete så skall beställaren dokumentera felaktigheten och redovisa sin dokumentation för produktionsansvarig hos entreprenören. Det är sedan dennes ansvar att utreda den påstådda felaktigheten, instruera sin personal och redovisa korrigerande åtgärder för beställaren vilket i sin tur ofta är en designfråga. Tyvärr kan det konstateras att dagens beställare alltför ofta blandar sig i designprocessen, vilket tillsammans med en ofta underdimensionerad designorganisation hos entreprenören resulterat i allvarliga förseningar och fördyringar. Det förekommer också att beställaren i kontraktet anvisar lösningar och utföranden utan att ta ansvar för om dessa fungerar eller inte. Detta kan medföra allvarliga konsekvenser för projektet.

Om beställaren själv vill ta större ansvar för risker, kan beställaren med bibehållen totalentreprenadform göra detta genom att reglera utifrån en definition av de basförutsättningar som skall gälla för anbudet. Dessa basförutsättningar benämns ofta i t.ex. internationella geotekniska sammanhang Geotechnical Baseline Report. Eventuella avvikelser från basförutsättningar beskrivna i rapporten finns med i en reglerbar mängdförteckning och prissätts av entreprenören i anbudet.

Principiellt medför ett överförande av risker till entreprenören således att kraven på dennes kompetens och organisation ökar. Samtidigt minskar i viss mån kraven på beställarens organisation. Beställaren måste dock inneha en organisation kompetent nog för upprätthållande av en dialog med entreprenör, inklusive designer, samt kompetent nog att kunna granska entreprenörens design. Beställaren, eller dennes ombud, måste fortfarande ha mandat att snabbt fatta beslut även om dessa leder till ökande kostnader.

5.3 Rekommendation till entreprenörer

Ansvar för designen medför ett ökat risktagande för totalentreprenören. Det är av grundläggande betydelse att totalentreprenören är medveten om de ökade krav på kompetens och organisation som följer med i första hand designansvaret. De studerade projekten visar tydligt att entreprenören måste organisera sig annorlunda i en totalentreprenad än vad som är fallet vid en traditionell utförandeentreprenad med à-priser. I en utförandeentreprenad fokuserar projektledningen på produktionsaktiviteter och resultat. Vad vi har funnit är att den typiska organisationen, där en designkoordinator är underställd en teknisk chef, är för svag för att säkerställa ett effektivt samarbete mellan design och produktion. Följaktligen borde entreprenören fokusera på detta ansvarsområde genom att skapa en stark funktion, en Design Interface Management-funktion, som kan hantera och förena produktions- och designteam och på samma gång bygga upp ett förtroende gentemot beställaren. Denna position kan endast ledas av en senior person med lång och väldokumenterad erfarenhet från designarbete samt djupgående förståelse för produktionens betingelser. I projekt där komplexiteten och osäkerheten är stor, som oftast är fallet vid stora anläggningsarbeten med en betydelsefull geoteknisk problematik, bör denna överbryggande funktion utgöras av ett team som är direkt underställt projektchefen.

Den organisatoriska strukturen för ett specifikt projekt bör baseras på en vedertagen och strukturerad riskanalys och riskhanteringsprocess, från anbudsfasen till och med hela produktionskedet. Den inledande riskanalysen bör också utgöra underlag för det kontrakt som reglerar totalentreprenaden. En kritisk faktor i den fortlöpande riskhanteringen är hur man skall vara organiserad för att upptäcka och utnyttja de möjligheter som uppkommer under produktionskedet att optimera designen. För detta krävs ett kontinuerligt arbete från ett starkt och erfaret designteam. För vissa projekt kan kontraktsbestämmelserna och resultatet från riskanalysen vara sådana att det lönar sig att i ett tidigt skede låsa och fastställa designen. Fördelarna med en tidigt fastställd detaljerad produktionsplan med tillhörande materialbehov kan vara större än i fallet med en senare designoptimering. Detta innebär då att resurser och expertis behövs under en kortare period i början av projektet, vilket är normalfallet i mindre projekt.

Underliggande design i anbudsfasen är tyvärr ofta mycket optimistisk. Övriga eller ej beaktade risker avseende t ex geotekniska förhållanden kan totalt ödelägga den kalkyl som anbudet baserades på. Det bör också observeras att tiden för

anbudslämnande ofta är mycket begränsad. Risker samt designens centrala påverkan på anbudet gör att det kan finnas synnerligen starka skäl för totalentreprenören att under anbudstiden temporärt förstärka sin organisation, med oberoende experter, så att både design och risker hinner penetreras och till fullo beaktas i anbudet.

Totalentreprenörens ansvar för design och konstruktion medför inte bara ytterligare krav på kompetens och organisation utan medför också möjligheter. Designen kan optimeras och produktionsanpassas. Kostnaden för design är oftast marginell i jämförelse med projektkostnaden men optimeringsgraden hos designen har i många fall stor påverkan på projektkostnaden och projektets lönsamhet. En förutsättning för rätt optimering av designen är givetvis att designern (konstruktören) är intresserad av att utföra det merarbete samt acceptera det eventuella extra risktagande som en optimerad design medför. Användande av fastpriskontrakt för designarbete i totalentreprenader kan starkt ifrågasättas eftersom denna ersättningsform vanligtvis eliminerar alla typer av incitament till designoptimering.

En annan förutsättning för en optimering av designen är att den inte tvingas fram i förtid. Den optimerade designen tas bäst fram i samma takt som projektet fortskrider och osäkra designparametrar fastställs (s.k. aktiv design). Här uppkommer lätt en konflikt mellan designoptimering och produktionsoptimering. För att klara produktionen behövs material och för att beställa material behövs en design. Produktionsansvariga i entreprenörens organisation vill naturligtvis ha den slutliga designen så snabbt som möjligt.

Denna motsättning kan vid alltför stora obalanser bli destruktivt för projektet. Det är därför nödvändigt att funktionen för ”design interface management” i organisationen läggs på minst samma nivå som produktionsfunktionen, vilken vanligtvis är direkt underställd projektchefen.

Ibland kan produktionsaspekter för tidskritiska moment göra det lönsamt med en tidigt framtagen design som är så konservativ att den innefattar alla eller åtminstone merparten av möjliga utfall. Ofta kan dock produktionen klara sig med en mindre konservativ design för sin planering. Överblivet material kan ofta komma till nytta på andra ställen och i designens optimering ingår även att i bästa mån utnyttja detta material.

För stora anläggningsprojekt är ofta mycket betydande summor på spel vilket motiverar regelbundna projektgenomgångar av oberoende expertgrupper. Det faktum att utförda riskanalyser i de studerade projekten (i samband med framtagande av anbud) i många fall hade förbisett under bygget framkomna och mycket kostsamma risker, indikerar att dessa genomgångar bör påbörjas redan innan anbud lämnas. Ett annat motiv kan vara att det ur företagssynpunkt måste anses som orimligt att förlägga ansvaret för så stora summor på enstaka individer.

5.4 Rekommendation till konstruktörer

Kostnaden för design är oftast marginell i jämförelse med projektkostnaden men optimeringsgraden hos designen kan i många fall utöva stor påverkan på projektkostnaden och projektets lönsamhet. Ett frekvent problem som observerats är bristande intresse hos designern (konstruktören) för en generell optimering men speciellt för en kontinuerlig uppdatering, i takt med att verkliga förhållanden framkommer under projektets gång och information finns tillgänglig.

Bonusklausuler kopplade till identifierbara mängdminskningar finns ofta inte i kontraktet med konstruktören och i de fall där de finns får de ofta inte den önskade effekten. Det finns både etiska och kulturella aspekter på hur ett effektivt incitament skulle kunna införas, relaterade till inte minst frågan om bonus till den projekterande individen eller till företaget. Oavsett detta indikerar det mesta att fastpriskontrakt för design i totalentreprenader är olämpligt. Här studerade projekt, och andra personliga erfarenheter, understryker betydelsen av att på något sätt införa ett effektivt incitament för fortlöpande optimering av designen. Designoptimering inkluderar kontinuerlig anpassning av designen till framkomna verkliga förhållanden, tillgängliga material och produktionsmetoder och inte minst att utnyttja möjligheter när verkliga förhållanden är bättre än förväntade. En sådan designoptimering kräver naturligtvis en noggrann planering av leveransplaner och vanligtvis även att designern (konstruktören) har en stark representation på arbetsplatsen under större delen av byggtiden.

Bonusklausulens utformning måste dock vara så flexibel att man inte fastlåser processen vid ett överdrivet materialsparande, som i sig blir en suboptimering till följd av försvårande av produktionen, vilket har förekommit i andra projekt.

Litteratur

- Anderson, S.D., Fisher, D.J. and Rahman, S.P. 1999. Constructibility issues for highway projects. *Journal of Management in Engineering*, 15: 60-68.
- Arditi, D., Elhassan, A. and Toklu, Y.C. 2002. Constructability analysis in the design firm. *Journal of Construction Engineering and Management*, 128: 117-126.
- Bibby, L. 2003. Improving Design Management Techniques in Construction. EngD Thesis, Department of Civil and Building Engineering, Loughborough University, UK. September.
- Brierley, G.S. and Hatem, D.J. (eds) 2002. *Design-Build Subsurface Projects*. Transcontinental Publishing, Phoenix, AZ.
- Bröchner, J. 1994. Precontractual investigation and risk aversion. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 2: 91-101.
- Bygghjörnskommissionen 2002. *Skärpning gubbar! Om konkurrensen, kvaliteten, kostnaderna och kompetensen i byggsektorn*. SOU 2002:115.
- Chan, A.P.C., Ho, D.C.K. and Tam, C.M. 2001. Design and build project success factors: multivariate analysis. *Journal of Construction Engineering and Management*, 127: 93-100.
- Chan, E.H.W. and Yu, A.T.W. 2005. Contract strategy for design management in the design and build system. *International Journal of Project Management*, 23: 630-639.
- Eldin, N.N. 1999. Impact of employee, management, and process issues on constructability implementation. *Construction Management and Economics*, 17: 711-720.
- Eskesen, S.D., Tengborg, P., Kampmann, J. and Veicherts, T.H. 2004. Guidelines for tunnelling risk management: International Tunnelling Association, Working Group No. 2. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 19: 217-237.
- FIDIC 1994. *Dealing with risk: managing expectations*. FIDIC, Lausanne, Switzerland.
- Flyvbjerg, B., Bruzelius, N. and Rothengatter, W. 2003. *Megaprojects and Risk: An Anatomy of Ambition*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Fredrickson, K. 1998. Design guidelines for design-build projects. *Journal of Management in Engineering*, 14: 77-80.
- Han, S.H., Diekmann, J.E. and Ock, J.H. 2005. Contractor's risk attitudes in the selection of international construction projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 131: 283-292.
- Ibbs, C.W., Kwak, Y.H., Ng, T. and Odabasi, A.M. 2003. Project delivery systems and project change: quantitative analysis. *Journal of Construction Engineering and Management*, 129: 382-387.
- ITA 1996. ITA Position Paper on Types of Contract. *Tunnelling and Underground Space Technology* 11: 411-429.
- Lafford, G., Penny, C., O'Hana, S., Scott, B., Tulett, M. and Butfield, A. 2000. *Civil engineering design and construct – a guide to integrating design into the construction process*. CIRIA, London, UK.

- Ling, Y.Y. and Lau, B.S.Y. 2002. A case study of the management of the development of a large-scale power plant project in East Asia based on design-build arrangement. *International Journal of Project Management*, 20: 413-423.
- Mendelsohn, R. 1997. The constructibility review process: a constructor's perspective. *Journal of Management in Engineering*, 13: 17-19.
- Molenaar, K.R. and Songer, A.D. 1998. Model for public sector design-build project selection. *Journal of Construction Engineering and Management*, 124: 467-479.
- Olsen, T.E. and Osmundsen, P. 2005. Sharing of endogenous risk in construction. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 58: 511-526.
- Reilly, J.J. 2000. The management process for complex underground and tunneling projects. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 15: 31-44.
- Wagner, H. 2004. The governance of cost in tunnel design and construction. *1º Congresso Brasileiro de Túneis e Estruturas Subterrâneas*, Comitê Brasileiro de Túneis / ABMS / International Tunneling Association. São Paulo, Brazil.
- Wang, S.Q., Dulaimi, M.F. and Aguria, M.Y. 2004. Risk management framework for construction projects in developing countries. *Construction Management and Economics*, 22: 237-252.
- Ward, S.C., Chapman, C.B. and Curtis, B. 1991. On the allocation of risk in construction projects. *International Journal of Project Management*, 9: 140-147.

Bilaga

Bröchner, J., Håkansson, U. and Hässler, L. Contractors and Design Risk in Major Civil Works Design/Build Projects. In *Proceedings, Canadian Society for Civil Engineering 1st International Construction Specialty Conference, Calgary May 23-26, 2006*, pp. CT-031-1-9.



Calgary, Alberta, Canada
May 23-26, 2006 / 23-26 mai 2006

Contractors and Design Risk in Major Civil Works Design/Build Projects

J. Bröchner¹, U. Håkansson² and L. Hässler³

1 Department of Technology Management and Economics, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden

2 Skanska Project Support AB, Solna, Sweden

3 Golder Associates AB, Stockholm, Sweden

Abstract: Contractors in major civil works projects with design/build contracts sometimes accept risks that are difficult to manage. Case studies based on interviews with senior managers in three international projects involving underground construction are analysed here. Results indicate the importance of client project definition and risk allocation, client governance and control, design/build contractor risk assessment and risk management, design/build contractor organization and design interface management, and external (second opinion) reviews. Project success depends on all parties – client, designer and contractor – understanding their new, non-traditional roles in this system for project delivery.

1. Introduction

Major civil works projects with a high content of uncertainties place strict demands on competence, organization, and teamwork in particular. There is today a strong tendency among clients to transfer more risk to the contractor (Reilly 2000), although there are examples of new risk sharing schemes such as the one used in Toronto's Rapid Transit Expansion Program (Westland et al.1998). However, the general trend is evident from the rising proportion of design/build arrangements, where both the design risk and the construction risk are carried by the contractor (ITA 1996). Sometimes the contractor accepts greater risks without receiving wider latitude of action or possibility to influence the context and the risks. Thus the potential of design/build contracts based on performance specifications that allow the contractor to find the most efficient technology etc. can be reduced by an inability of the client or the designer to react to risks that appear during the execution of a project – or to take advantage of opportunities that arise after the inception of the works.

It seems that a focus in the early stages of projects on production rather than design, planning and preparation of various procedures, including an initial absence of relevant expertise, is a principal cause of inefficient schemes at the start-up. As an unfortunate consequence, the construction stage is often plagued by conflicts arising from problems caused by a lack of sufficient early investigation into ground conditions, the definition of quality and the scoping of work.

The purpose is to identify critical factors that have the greatest effects on the successful outcome of design/build civil works projects. A deeper understanding of these factors can be translated into requirements for particular features of project organizations and contractual terms as well as recommendations for action by the various parties involved.

2. Literature Review

The trend towards a greater reliance on performance specifications and design/build contracts can be seen as a response to increasing demands on public accountability for large infrastructure projects (Flyvbjerg et al. 2003). While Wagner (2004) asserts that design/build contracts lead to significantly lower costs in German and Austrian infrastructure projects, Ibbs et al. (2003) found from Construction Industry Institute data that design/build projects have the probable benefit of timesaving, but that the cost benefits are debatable when compared to traditional Design-Bid-Build projects. Success factors for design/build public works projects in Hong Kong have been identified through multivariate analysis by Chan et al. (2001); their survey indicated that there were three critical factors in explaining overall project performance: project team commitment, client's competencies and contractor's competencies. The team commitment factor was highly correlated with questionnaire reactions to statements such as "project participants resolved conflicts quickly", "architect had capability of developing good design within budget and on schedule", "all project participants cooperated fully", and "contractor's design consultants had a thorough understanding of construction process".

It has been common to concentrate on principles for determining how much design information should be provided initially by the client in design/build arrangements (Fredrickson 1998, Ling and Lau 2002), and also on how much precontractual information the client should provide on subsurface conditions (Bröchner 1994, Ling and Lau 2002), while the issue of design flexibility during execution has received less attention.

The fundamentals of how risk should be allocated between the parties of construction projects in order to maximize efficiency are well known (Ward et al. 1991). It is commonly agreed that risk should be allocated to the party best able to anticipate and control that risk, taking into account that it is not always obvious that this party is able to bear the full risk. In actual design/build projects, clients may fail to adhere to this principle. In the long run, clients can be expected to face higher prices from contractors if these are relied upon as quasi-insurers by assuming risks that the clients themselves should be able to manage more efficiently.

Since the 1980s, the International Tunnelling Association (ITA) has issued several recommendations on contractual sharing of risks, their relation to types of contract, and principles for risk management (ITA 1996; Eskesen et al. 2004). There are also useful specialized handbooks available (Lafford et al. 2000; Brierley and Hatem 2002).

In a wider perspective of risks associated with large engineering projects, Miller and Floricel (2005) have coined the expression "generative closure" for the "selection of a temporary project configuration that opens a new hypothesis, triggers new options and retains degrees of freedom for later action".

Here, we shall also consider the results of surveys of actual design/build projects.

Using multivariate statistical analysis, a US survey of design/build projects, covering a wide range of construction project sizes and types, although with only 5 per cent heavy and highway projects, studied how scope definition was correlated with project success (Molenaar and Songer 1998). It was found that the percent of design completion in the request for proposal phase had no significant effect on project success, and the authors interpreted this as that too much design can be constraining. The project's scope should be clearly defined, however.

A Singapore-based survey of how experienced managers view the relative criticality of risks in construction projects in developing countries ranks cost overrun, improper design, and improper project management as the three most critical risks at the project level (Wang et al. 2004).

Summing up, the project should be properly defined, with the client's needs and requirements clearly described together with the scope of works. Risk allocation should start with a thorough risk awareness, with all foreseeable risks being identified and evaluated by the client. Next, the equitable allocation of risk should be stated explicitly in the tender documentation and later be part of an unambiguous contract documentation. Here the client's earlier experience of the design/build project delivery system, together

with a basic understanding of the design/build process and its perceived advantages and disadvantages, should be of great benefit to the project.

The level of client governance should be reflected in the level of risk that the client has allocated to the design/build contractor. Clients must concede control over design, allow sufficient time for design and furthermore accept that the bearer of the design risk must also be allowed to settle the design delivery schedule. The client should focus on achieving the quality and work performance as stipulated in the contract. Good communication throughout the project is important so that the client can make decisions and inform all project stakeholders of its requirements. As a tool, joint workshops at early stages of a project is a good start to achieve improved understanding and communication.

North American and Korean contractors have participated together with graduate students in an experiment that studied risk attitudes in bid decision making for international construction projects (Han et al. 2005). Among the results were that decision makers become more risk averse and require stricter standards when confronting bad projects. Also, decision makers with more experience showed a higher degree of risk aversion. In a theoretical model based on experiences from Norwegian petroleum extraction projects, it has been shown recently that clients should adjust risk sharing in construction contracts and the provision of contractual incentives so that they compensate for contractor risk aversion (Olsen and Osmundsen 2005).

Risk can be understood as uncertainty that matters because it might have an influence on the fulfillment of project objectives. The influence on project objectives can be both negative (a threat) or positive (an opportunity). A structured risk management process starts by an identification of hazards and an evaluation of risks that relate to project objectives, often time, cost or scope. This first stage – risk assessment - is seldom overlooked, as it forms the basis for the tender estimate and pricing for design/build contractors. However, the good assessment work performed at this first stage is only too often forgotten when a new set of people enter the scene at the execution stage. A formal, structured risk management procedure should be in place that transfers the risk assessment and risk response actions from the tender team to the project management team, carrying information from tender stage to execution stage. This is best done by relying on a project risk register that is signed off by the project manager who subsequently assigns the responsibilities for risks to the appropriate managers within the team, before construction starts.

In order for the design/build contractor to deal adequately with design risk during execution, there are lessons from studies of constructability (or constructibility, buildability), although these often concentrate on an initial assessment of how design and construction can be optimized jointly, rather than discussing how successive assessments can be used to achieve optimization throughout execution when new information becomes available. A survey of constructability reviews in large US design firms revealed that the two most frequent techniques for these reviews were peer reviews and use of feedback systems (Arditi et al. 2002). Peer reviews concern project management or project design and sometimes both these. It was found that 25 per cent of respondents performed constructability analyses throughout the entire design process, while a majority would only do so for the developed design stage. Anderson et al. (1999) investigated constructability issues for US highway projects and found that state transportation agencies tended to see 'inadequate time to review' as an important critical issue in implementation. Reilly (2000) sees a chronic problem in the limited time available for bidders to evaluate construction methodologies during the procurement phase, "including those construction means and methods which are best suitable to the specific – but probably inadequately defined – geotechnical conditions."

It is unusual that design management and constructability issues are analysed from the contractor's viewpoint; among the exceptions we find Bibby (2003) for design management and Mendelsohn (1997) for constructability reviews. Often, the success of constructibility has been as a tool for just schedule reduction (Eldin 1999).

The ITA (1996) position paper on types of contract mentions that design/build contractors usually have no incentive to over-design the works, but also acknowledges that when the design is supplied by a separate designer, there "may exist some incentive to overdesign". Overdesign is explained by ITA as "to include in

the design unnecessary features and technical safeguards to ensure that the tunnel and its equipment perform in accordance with the contract". The FIDIC (1994) document on Dealing with Risk states bluntly that "conservatism in design and specifications is not a compulsion to waste effort and materials" and highlights the fact that human fallibility, not loads or structural member resistance, lie behind about 90 per cent of technical failures. There should be mechanisms in place to assure appropriate incentives for the designer to optimize the design, perform value engineering and undertake regular constructability reviews. It is imperative that the designer has a high degree of availability at site, is active, and that the designer has sufficient integrity to withstand unrealistic and over-optimistic demands from production staff.

Depending on the legal regime under which the project is carried out, design/build contracts may also raise complicated issues of how contractors are to handle design liability, a problem that is evident in a Hong Kong survey of contractors, owners and designers (Chan and Yu 2005).

Obviously, there is a need for adequate organizational responses that allows contractors to manage design risk. The guidelines published by CIRIA (Lafford et al. 2000, p. 24) recommend that the contractor appoints an experienced design and construct interface manager. This position acts as a bridge between the different skills and cultural backgrounds of constructors and designers. Using the design/build term, it is obvious that the design/build interface manager has many important roles. This manager together with the design/build interface management team, if needed, holds the responsibility for enforcing design optimization, building confidence between the design/build contractor and the client and basically managing the sometimes conflicting interests of design and construction. The position goes with high demands on managerial, technical and relational competence. It is important that this function is available at the very earliest stages of the project to ensure the correctness and consistency of the design and construction requirements. It is also highly desirable that this function reports directly to the project manager so as to minimize the consequences of conflicting interests.

The CIRIA guide also discusses the need for design reviews by senior engineers who are external to project teams. The complexity involved in major civil works projects and the responsibility placed on a few project individuals justify the use of external support and expertise. This neutral support and expert advice can be given by conducting objective second opinion reviews at regular intervals throughout the project's life. The benefits for the project gained by obtaining recommendations and advice from non-stakeholders that possess the ability to see the big picture can be considerable.

With a focus on what affects design risk for contractors, our survey of the design/build literature leads us to believe that there are five relevant aspects of design-build projects:

- Client project definition and risk allocation
- Client governance and control
- Design/build contractor risk assessment and risk management
- Design/build contractor organization and design/build interface management
- External (second opinion) reviews

3. Research Methodology

Three major civil works design/build projects have been selected for analysis. These projects are recent and in one case not yet completed, and they are located on different continents. All three projects include complicated underground activities and have raised important geotechnical issues; thus the contractors have had to deal with a range of complex risks during successive stages.

In order to assess the critical factors that have the greatest effects on the outcome of projects semi-structured interviews have been held during 2005 with senior managers, relying on a questionnaire based on the major issues that were identified in the literature review. Each interview lasted between one and three hours and was performed by two of the authors.

4. Case Studies

Interview results from the three projects are structured here according to the five main factors that have been identified.

4.1. Client Project Definition and Risk Allocation

All three projects experienced major changes compared to what was originally stated in the contract. The consequences of these changes were different, but the final outcome of the projects shows that the projects were not 'well defined' with respect to the structures to be constructed. For two of the studied projects these changes, with the implementation of alternative technical solutions, resulted in that the original site investigations were found to be inadequate for the structures that were actually constructed.

The design and construction requirements are judged in general as satisfactory for all three projects, while the content of some of the detailed requirements were more questionable and often too detailed.

For all three projects it became obvious during construction that some of the requirements in the contract were both technically unjustified and sometimes irrelevant, in the system of specifications. This resulted in unnecessarily conservative and costly solutions. In two of the projects, where efforts were made by the contractor to optimize the design in a way that came into conflict with erratic requirements, there were problems with client acceptance of the design. For other parts of the projects, with well chosen and well structured client requirements, the clients' acceptance also worked smoothly.

In one of the projects the client's requirements were extremely strict and the consequences of this not fully noticed by the design/build contractor at the early stages, and therefore not taken sufficiently into account when deciding the tender price and the time schedule.

Risk allocation was similar for all three projects, with in principle all defined risks transferred to the design/build contractor.

4.2. Client Governance and Control

For the design/build contractor, gaining acceptance for design changes for optimization purposes was difficult to achieve, in varying degree for all three projects. In fact, it proved very difficult to implement any optimization, especially in cases when a detail design had already been accepted by the client. The dialogue was reasonably successful and led to design changes almost only where ground conditions and uncertainties revealed could be shown to be worse than originally assumed. However, in one of the projects, the rule that the allocation of risk for uncertainties to the design/build contractor also assigned the right to utilize opportunities to reduce the cost in case of better than expected conditions, was accepted by the client, although reluctantly.

In another project, client interference with the construction work at site, posing often irrelevant and inexperienced requirements on the performed work, created an atmosphere of conflict and disturbed project progress.

4.3. Design/Build Contractor Risk Assessment and Risk Management

For two of the projects the contractor's initial risk assessment was limited to cost estimates in order to arrive at the tender price. For the third project, risk assessment was performed at an early stage, by external review teams and by an extended site investigation. However, a formal and structured risk management process throughout the execution of the project was not applied generally. Major risks, associated with the implementation of alternative solutions, were insufficiently identified in the risk assessment process. This resulted in cost increases for all three projects and time delays for two of the projects.

4.4. Design/Build Contractor Organization and Design/Build Interface Management

Common to all three projects, there was a conspicuous lack of designer incentives for design optimization. In two of the projects the designer was basically assigned on a lump sum contract, with no incentives for doing the extra work and accepting the increased designer risk that go with design optimization.

The consequences of this lack of optimization incentive were mitigated to a different extent in two of the projects by the introduction of a design/build interface management team in the design/build contractor organization. In one of these two projects, cultural differences and diverging priorities within the joint venture heavily reduced the possible benefit of the function of a design/build interface manager. Later in the project the original design/build interface manager was replaced and the priorities better defined with good results. In the other project, the works started without a design/build interface manager. Only later in the project, the need for such a manager became obvious, and a design/build interface management function was installed.

One difference between these two projects was that in one of them, the design/build interface management team was placed directly under the project manager. In the other project the function was placed under the design/build contractors' technical manager, giving rise to mandate problems when trying to resolve conflicts between on the one hand, production demands on early delivery of detail design, and on the other hand, optimization demands. The project with design/build interface management placed directly under the project manager achieved a better balance against production demands, with a higher degree of optimization as the ultimate result.

The third project had no design/build interface management function installed and thus very limited possibilities existed for the contractor to influence the design in any way, which together with other causes led to very conservative design solutions.

In one of the projects the designer was weak, with very little experience of construction projects under design/build contracts. This resulted in some inferior basic design choices, mainly caused by unbalanced strength between production demands and designer competence. A stronger designer should have been able to avoid these choices, which in the end had very costly effects, in particular if there had been support from a qualified design/build interface manager in place from the outset.

The design/build interface manager, where there was one, working in cooperation with the designer, sometimes succeeded in convincing the client of the value and correctness of the optimization. This worked reasonably well for both permanent and temporal structures in one of the projects. In the other project with an interface manager, optimization was mostly related to temporal works due to already approved detail design of permanent structures.

As mentioned above, for all three projects it became obvious during construction works that some of the requirements in the contract were both technically unjustified and irrelevant. Only one of the projects reinforced its organization at an early stage in order to make an objective risk assessment and to penetrate design and construction requirements. However, due to internal joint venture disagreements the resulting recommendations were not possible to implement fully as intended.

In two of the projects the designer offices were located at a great distance from the project and the designer had only minimal representation on site. This resulted in poor communication and team building as well as generating additional delays between questions and answers that were crucial for the progress of the works.

4.5. External Second Opinion Reviews

External objective reviews were performed in all three projects, but to a different extent. In one project both client and design/build contractor leaned heavily on objective external review teams. In this project these teams functioned well and contributed significantly to the resolution of both design and construction issues. In the other two projects the external objective review functioned less well, possibly because of lower confidence between the client and the design/build contractor and also because of joint venture issues.

5. Discussion of Results

Our case studies clearly indicate that contractors have to organize design/build projects according to principles that differ radically from traditionally procured projects with unit prices. Under traditional contracts, contractor project executives focus on construction activities and results. What we have found reveals that the organizational pattern where a design coordinator operates under a technical manager does not guarantee an efficient interface between design and construction. Thus the contractor should highlight the interface responsibility by creating a strong function that is able to act as a knowledgeable counterpart to production and an external design team as well as building up trust towards the client. This interface responsibility can only be assigned to a senior experienced manager who is able to combine design knowledge with deep understanding of construction work. In projects where there are important and complex issues, e.g. geotechnical, this function will require a special team working directly under the chief project executive.

The design interface manager and team can be assigned a number of responsibilities, including risk analysis and continuous update of existing analyses; confidence (trust) building between all parties including client and designer; and interface between civil contractor and designer. Obviously, there are also the fundamental responsibilities for achieving the right quality and durability according to contract.

The organizational structure chosen for a particular project should be firmly based on an initial 'state-of-the-art' risk management process, from the tender stage and throughout execution. This analysis should be reflected also in the design/build contract with the client. A crucial issue for risk management is how to devise the organization so that successively arising opportunities for more economical detailed design can be taken advantage of during the construction period. In that case, a continuously operating strong design management team is needed. For some projects, the contractual context and the initial risk analysis may indicate that there are greater benefits associated with an early and precise knowledge of amounts and the particular technical solutions to be deployed; here, the corresponding organizational arrangement will serve to provide focus on broad expertise over a shorter period of time.

Whereas the trend is that traditional procurement is losing ground, many of those involved in infrastructure projects, regardless of whether they belong to client, designer or construction organizations, are insufficiently familiar with the practical effects of working under a design/build scheme. If all stakeholders are to gain advantage from design/build arrangements, it is necessary that client representatives, designer and contractor staff learn how to benefit from technical opportunities that emerge during a project, while minimizing risk due to unexpected poor conditions. Joint workshops at an early stage of projects are recommended.

6. Conclusions

The three cases that we have investigated show that a high level of uncertainty in large civil works projects results in strict demands on competence and organizational structure to ensure success of a project. Although the cases are found in different contexts, they are all large projects and share a high proportion of underground work with associated, complex geotechnical risks. The responsibility for dealing with risks can be allocated to the parties and should be clearly defined in the contract. It is important that the understanding of uncertainties is evident in the client's allocation of risks to contractors. The more risk that is transferred to the contractor, the higher the demands are with respect to contractor competence and internal organization. The tendency to place more or even all the risk arising from uncertainties at the design/build joint venture is questionable if client demands on the venture are unclear and if the client exerts excessive governance. In order to achieve an optimized design solution, the client should accept that the final design is produced at the same pace as the uncertainties are revealed.

If the client chooses to transfer a major part of the risk, as in EPC (engineer-procure-construct) contracts, the client should also accept in practice that the design is performed by another party, an acceptance that includes both design delivery and choice of solutions. Owner influence and control should be restricted to design requirements, as stipulated in the contractual documents, and to that the work is performed according to the quality stipulated. But it is evident from the three studied projects that the clients have affected the

design process, sometimes with direct consequences for the execution of works, which in combination with lack of focus on design interface management in the contractor organization has raised costs without providing a fully corresponding benefit to the project. There is a genuine dilemma arising from tight project schedules that lead to conflicts between design optimization and construction optimization. Delays in execution are more costly in many cases than the added gain that is generated by seeking an optimal design.

In large civil works projects the monetary sums at risk are very often so large that regular objective technical reviews should be considered. The fact that the pre-bid risk analysis performed by the construction (design/build) teams in the three studied cases failed to identify some of the later revealed major risks indicates that the objective review team should be involved already from the pre-bid stage. This conclusion is further strengthened by the observation that it is unreasonable to expect individuals in projects to shoulder such major responsibilities.

The design cost in itself is usually marginal compared to other project costs, but the designer has an obvious influence on most project costs. A recurrent problem for design/build contractors is that designers may feel little or no motivation for performing design optimization and successive adjustment of design as construction experiences are fed back during a project. Bonus clauses, related to identified reductions of volumes, in contracts with firms of consulting engineers may be absent or inefficient in practice. There are both ethical and cultural aspects of this problem: incentives for the individual designer vs. incentives directed towards the design firm. Nevertheless, it appears that the use of lump sum contracts for design work in design/build contracts is often unsuitable. Summing up, the cases investigated here clearly indicate the necessity to introduce effective incentives for the designer to optimize the design. The optimization of the design includes use of opportunities, generally delivery of design in detail form at the time (and not earlier) when uncertainties are revealed. This in turn enforces careful planning of a detail design schedule following the construction works schedule and usually demands presence of the designer at site during a major part of the civil works.

The importance of an optimized design and management of technical risks for project success explains why a design interface manager with a design management organization is present in the design/build contractor team. Production teams have a tendency to demand detail design at very early stages in order to plan the works ahead and to facilitate the procurement process. This common situation leads to a conflict of interest between design optimization and production. It is therefore advisable to place the design interface manager at the same or higher hierarchical level as, for example the production manager, thus reporting directly to the project manager.

The fundamental idea behind design/build contracts is sound. Realizing the full potential of performance specifications will avoid waste of resources and provide incentives for the best choice of technologies. In order to achieve successful design/build projects, all parties – client, designer and contractor – must appreciate the new, non-traditional roles in this system for project delivery and acknowledge the implications of these new roles.

7. Acknowledgement

Support from the Development Fund of the Swedish Construction Industry (SBUF) is gratefully acknowledged.

8. References

- Anderson, S.D., Fisher, D.J. and Rahman, S.P. 1999. Constructibility issues for highway projects. *Journal of Management in Engineering*, 15: 60-68.
- Arditi, D., Elhassan, A. and Toklu, Y.C. 2002. Constructability analysis in the design firm. *Journal of Construction Engineering and Management*, 128: 117-126.
- Bibby, L. 2003. Improving Design Management Techniques in Construction. EngD Thesis, Department of Civil and Building Engineering, Loughborough University, UK. September.

- Brierley, G.S. and Hatem, D.J. (eds) 2002. *Design-Build Subsurface Projects*. Transcontinental Publishing, Phoenix, AZ.
- Bröchner, J. 1994. Precontractual investigation and risk aversion. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 2: 91-101.
- Chan, A.P.C., Ho, D.C.K. and Tam, C.M. 2001. Design and build project success factors: multivariate analysis. *Journal of Construction Engineering and Management*, 127: 93-100.
- Chan, E.H.W. and Yu, A.T.W. 2005. Contract strategy for design management in the design and build system. *International Journal of Project Management*, 23: 630-639.
- Eldin, N.N. 1999. Impact of employee, management, and process issues on constructability implementation. *Construction Management and Economics*, 17: 711-720.
- Eskenen, S.D., Tengborg, P., Kampmann, J. and Veicherts, T.H. 2004. Guidelines for tunnelling risk management: International Tunnelling Association, Working Group No. 2. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 19: 217-237.
- FIDIC 1994. *Dealing with risk: managing expectations*. FIDIC, Lausanne, Switzerland.
- Flyvbjerg, B., Bruzelius, N. and Rothengatter, W. 2003. *Megaprojects and Risk: An Anatomy of Ambition*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Fredrickson, K. 1998. Design guidelines for design-build projects. *Journal of Management in Engineering*, 14: 77-80.
- Han, S.H., Diekmann, J.E. and Ock, J.H. 2005. Contractor's risk attitudes in the selection of international construction projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 131: 283-292.
- Ibbs, C.W., Kwak, Y.H., Ng, T. and Odabasi, A.M. 2003. Project delivery systems and project change: quantitative analysis. *Journal of Construction Engineering and Management*, 129: 382-387.
- ITA 1996. ITA Position Paper on Types of Contract. *Tunnelling and Underground Space Technology* 11: 411-429.
- Lafford, G., Penny, C., O'Hana, S., Scott, B., Tulett, M. and Buttfeld, A. 2000. *Civil engineering design and construct – a guide to integrating design into the construction process*. CIRIA, London, UK.
- Ling, Y.Y. and Lau, B.S.Y. 2002. A case study of the management of the development of a large-scale power plant project in East Asia based on design-build arrangement. *International Journal of Project Management*, 20: 413-423.
- Mendelsohn, R. 1997. The constructibility review process: a constructor's perspective. *Journal of Management in Engineering*, 13: 17-19.
- Miller, R. and Floricel, S. 2005. Understanding risks and shaping large engineering projects. In (Manseau, A. and Shields, R. eds) *Building tomorrow: innovation and engineering*, Ashgate, Aldershot, Hants, UK, 101-121.
- Molenaar, K.R. and Songer, A.D. 1998. Model for public sector design-build project selection. *Journal of Construction Engineering and Management*, 124: 467-479.
- Olsen, T.E. and Osmundsen, P. 2005. Sharing of endogenous risk in construction. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 58: 511-526.
- Reilly, J.J. 2000. The management process for complex underground and tunneling projects. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 15: 31-44.
- Wagner, H. 2004. The governance of cost in tunnel design and construction. *1º Congresso Brasileiro de Túneis e Estruturas Subterrâneas*, Comitê Brasileiro de Túneis / ABMS / International Tunneling Association. São Paulo, Brazil.
- Wang, S.Q., Dulaimi, M.F. and Aguria, M.Y. 2004. Risk management framework for construction projects in developing countries. *Construction Management and Economics*, 22: 237-252.
- Ward, S.C., Chapman, C.B. and Curtis, B. 1991. On the allocation of risk in construction projects. *International Journal of Project Management*, 9: 140-147.
- Westland, J., Busbridge, J.R., and Ball, J.G. 1998. Managing subsurface risk for Toronto's Rapid Transit Expansion Program. *North American Tunneling '98*, Newport Beach, CA, USA, 37-45.