

BYGGANDET AV KULSINTERANLÄGGNING MK3

PROCESSDESIGN - SAMVERKANSFORMER OCH IT-STÖD



Luleå 2006

Thomas Olofsson, Bengt Toolanen, Rogier Jongeling,
Stefan Woksepp, Kajsa Simu

Avdelningen för Byggkonstruktion
Institutionen för Samhällsbyggnad
Luleå tekniska universitet
SE - 971 87 LULEÅ
www.ltu.se
construction.project.ltu.se

Förord

Denna rapport omfattar delstudier av processdesignen beträffande samverkan i partneringform och av stödsystem för effektivisering av projektering, produktion, riskhantering, m.m. som applicerats vid byggandet av kulsinteranläggning MK3 vid LKAB:s Vitåforsanläggning under perioden Nov 2004 – Dec 2006.

Projektet är initierat av författarna till denna rapport eftersom projektet är intressant som studieobjekt ur forsknings- och utvecklingssynpunkt till följd av dess storlek och dynamik (kort byggtid, teknisk komplexitet, många osäkerhetsfaktorer, m.m.). Projektet bedömdes därmed ha stora beröringspunkter till pågående forskningsprojekt inom Institutionen för Samhällsbyggnad, Luleå tekniska universitet. Utöver denna rapport som är populärvetenskapligt skriven har ett antal publikationer och konferensbidrag presenterats. Dessutom kommer två avhandlingar att läggas fram under hösten 2007 som baseras delvis på de resultat som kommit fram i denna studie.

Genomförandet av projektet har möjliggjorts genom välvilligt och intresserat bemötande från företrädare för LKAB, NCC, Jaakko Pöyry AB, WSP, BLOCO, m.fl., samt inte minst genom ekonomiska bidrag från Svenska Byggbranschens utvecklingsfond (SBUF) genom SBUF projekten 11636 och 11579. Vi som genomfört delstudierna samt författat denna rapport får härmed tacka varmt alla som bidragit till och möjliggjort vårt arbete.

Luleå, maj 2007

**Thomas Olofsson, Bengt Toolanen, Rogier Jongeling,
Stefan Woksepp, Kajsa Simu**

Kontakt person. Tel.: +46920491263; Epost: Thomas.Olofsson@ltu.se

Sammanfattning

Denna rapport beskriver de studier som en grupp av forskare vid Institutionen för Samhällsbyggnad, Luleå tekniska universitet, genomfört beträffande vissa centrala delar av projektupplägget vid byggandet av kulsinteranläggning MK3 vid LKAB:s anläggningar i Vitåfors under perioden Nov. 2004 till Dec. 2006.

Vid tidpunkten för investeringsbeslutet för kulsinterverket MK3, som är det första i en rad av planerade stora investeringar, var LKAB i en situation där man hade dragit ner egna projekterings- och projektledningsresurser efter att ha genomfört stora investeringar under 1990-talet. I det läget var det en strategiskt viktig beslutsfråga för företagsledning och styrelse hur MK3 projektet skulle styras och organiseras för att säkerställa projektets höga målsättningar beträffande tid, funktion och ekonomi. Dessutom är projekt av typen MK3 ofta dynamiska till sin natur (kort ledtid, snabba informations- och kommunikationsbehov), tekniskt och administrativt komplexa och med många risker och osäkerhetsfaktorer som måste hanteras kontinuerligt under projektiden.

LKAB har för projekt MK3 valt att söka samverkanslösningar för att med begränsade egna resurser kunna följa upp och påverka projektets funktionsutformning, tid för genomförande samt projektets investeringskostnader. Sålunda har byggdelen av MK 3 upphandlats med transparent ersättningsform och strukturerad samverkansform, typ partnering. Genomförandeformen är totalentreprenad (ABT 94) där byggentreprenören administrativt ansvarar för detaljprojekteringen. Till huvudentreprenör på byggdelen och med samordningsansvar även för installationsfasen av separat upphandlade processdelar har valts NCC.

Enligt de resultat från genomförda studier som redovisas i denna rapport anser en stor majoritet av i projekt MK3 medverkande beställar-, entreprenörs- och konsultrepresentanter att valet av upphandlingsmodell med klar samverkansprofil för projektet varit lyckad. En majoritet anser också att detta varit av avgörande betydelse för att kunna nå projektets målsättningar beträffande funktion, tid och ekonomi.

Bland de fördelar som upphandlingsmodellen medfört är att samarbetsklimatet mellan aktörerna upplevts som bättre än vid konventionellt upphandlade pro-

jekt. Detta har ett egenvärde i sig men är framförallt en nödvändig förutsättning för att kunna nyttja strategiska viktiga kompetenser och kunskaper på ett effektivt sätt för att projektets målsättningar skall säkerställas. Effekterna av det goda samarbetsklimatet är speciellt tydliga i det sätt projekteringen av anläggningen kunnat bedrivas i effektiv samverkan mellan kund, entreprenör och konsulter (*Concurrent engineering*).

Vid projektgenomförandet har även De IT-stödsystem, speciellt 3D modellering och VR använts på innovativt sätt som kommunikations- och informationsverktyg. Användandet av detta i projekteringen har på många sätt bidragit till att skapa mervärde för kunden och minska byggfelen i produktionen. Enbart besparingarna i en effektivare projektsamordning torde ha bekostat investeringen i 3D och VR med råge.

Nyckelord: Anläggningsprojekt, IT stöd, virtuell verklighet, upphandling, partnering, Lean Construction, samverkan, risker

Innehållsförteckning

FÖRORD	I
SAMMANFATTNING	III
INNEHÅLLSFÖRTECKNING	V
1 INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	1
1.3 Metod	2
1.4 Projektorganisation	2
1.5 Projektpublikationer	3
2 MK3 – PROJEKTET	5
2.1 Stort, snabbt och komplicerat	5
2.2 Det moraliska kontraktet – Mycket kul i 3 år (MK 3)	6
2.3 Organisation, ansvar och processer	7
2.4 Kommunikation, samverkan och samordning	9
3 UPPHANDLING	13
3.1 Byggherrar rekommenderar	13
3.2 Upphandling av MK3 projektet	16
4 SAMVERKAN	19
4.1 Enkätundersökning och analys av partnering vid MK3	19
4.2 Strategi	20
4.3 Partners/Medlemskap	21
4.4 Ekonomi/incitament	22
4.5 Samverkan	23
4.6 Benchmarks/Innovationer	24
4.7 Processdesign	25
4.8 Uppföljning / Feedback	26
4.9 Slutsatser	28
5 PROJEKTERING MED VR	29
5.1 Concurrent engineering	29
5.2 Projekteringsprocessen i MK3	31

5.3	Erfarenheter.....	35
6	PRODUKTIONSPROCESSEN	37
6.1	Lean Construction.....	37
6.2	Produktionsplaneringen i MK3 projektet.....	41
6.3	Produktionsplanering och 4D i stora anläggningsprojekt.....	43
6.4	Erfarenheter.....	48
7	HANTERING AV RISK OCH OSÄKERHET.....	51
7.1	Teori.....	51
7.2	Risk och osäkerhetshantering i MK3 projektet.....	52
7.3	Erfarenheter.....	55
8	DISKUSSION OCH SLUTSATSER.....	57
8.1	Upphandling av MK3	57
8.2	Processdesignen i MK3.....	58
8.3	Slutsats	60
9	REKOMMENDATIONER	63
10	REFERENSER.....	65
	BILAGA 1 – PARTNERINGDEKLARATION	67
	BILAGA 2 – ENKÄTUNDERSÖKNING	69

1 INLEDNING

1.1 Bakgrund

Som ett led i att öka produktionen av järnmalmspellets bygger LKAB ett nytt kulsinterverk i Malmberget, MK3, som planeras tas i drift i oktober 2006. Den totala investeringen omfattar ca 2,6 Miljarder kr, varav byggkostnaden beräknas uppgå till ca 0,8 Miljarder. Byggdelen av MK3 genomförs som ett partneringsprojekt mellan kunden LKAB, NCC som byggentreprenör, Sweco Bloco, WSP och Jaakko Pöyry som projektörer.

MK3 är ett komplext anläggningsprojekt som är intressant på många sätt, bland annat på grund av genomförandeformen och att det IT-stöd som används ligger i framkant av den tekniska utvecklingen. Ett exempel på det senare är att projekteringsarbetet med flera involverade discipliner och företag samordnas och kvalitetssäkras med hjälp av en *Virtual Reality* (VR) modell som uppdateras i regel varannan vecka i takt med att detaljprojekteringen framskrider. Att följa, dokumentera och utvärdera genomförandet av MK3 innebär en unik möjlighet till erfarenhetsåterföring inför genomförandet av liknande framtida anläggningsprojekt.

1.2 Syfte

Syftet med denna fallstudie är att följa, dokumentera och utvärdera processdesignen vid genomförandet av LKAB:s anläggningsprojekt MK3 i Malmberget. Fallstudien fokuseras särskilt på:

- upphandlingen av projektet
- processdesign för samverkan
- riskhantering och riskfördelning,
- processdesign för IT-stöd under projektering och byggande
- produktionsplanering

1.3 Metod

Fallstudien genomförs av seniorforskare och doktorander vid avdelningen för Byggekonstruktion, Luleå tekniska universitet och omfattar:

- insamling av kvalitativa data genom deltagande som observatör vid planerings- och projekteringsmöten
- enkätundersökningar och intervjuer med de aktörer som ingår i projektet
- utvärdering (analys), slutsatser och rekommendationer baserade på genomförda studier
- utveckling av nya metoder för dynamisk och visualiserad planering av produktionsupplägg vid stora anläggningsprojekt (4D)

1.4 Projektorganisation

Projektet har letts av en styrgrupp bestående av:

- Mats Eklund, NCC Construction Sverige AB, Avd Chef region Norrland
- Anders Lundgren, LKAB Verksamhetschef Business Development
- Thomas Olofsson, Professor LTU (Projektledare för fallstudien)
- Lennart Apleberger, Adj Professor LTU
- Pär Lundström, Projekteringsledare, AB Jaakko Pöyry

Till projektet har en referensgrupp associerats bestående av styrgrupp och följande personer:

- Mårten Lindström, NCC Construction Sverige AB,
- Ove Lagerqvist, Skanska Teknik AB samt,
- Peter Vesterlund, CADesign AB

1.5 Projektpublikationer

Följande övriga rapporter har publicerats med anknytning till MK3-projektet:

Jongeling, R. and Olofsson, T. (2006): A method for macro- and micro-management of work-flow by combined use of location-based scheduling and 4D CAD, Submitted to Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering.

Olofsson, T., Woksepp, S., Jongeling R. (2005): *The use of Virtual construction in a large scale industry project*, in proceedings of the 22nd CIB-W78 conference on Information technology in Construction, Dresden, Germany, 19 – 21 July, 2005, pp 689-696.

Simu, K. and Woksepp S. (2006): *Facilitating the risk management process in a large scale construction project using VR models*, presented at the CIB-Conference in Rome October 2006.

Toolanen, B. (2006): *Lean Construction – samverkansinriktat industriellt processstänkande* i SVR - Väg- och Vattenbyggaren, nr 1/2006.

Woksepp S., Olofsson T., Jongeling R. (2005): *Design reviews and decision-making using collaborative virtual reality prototypes; a case study of the large scale MK3 project*, in proceedings of the 13th annual conf. International Group of Lean Construction – IGLC 13, Sydney, Australia ,18 – 21 July, 2005, pp 145-152.

Woksepp, S., Jongeling, R., Olofsson T., (2005): *Applying Virtual Reality and 4D CAD in the design and scheduling process of large construction projects*, in proceedings of 5th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality, Durham, UK, 12-13 September, 2005, pp 352-360.

Woksepp S. and Olofsson T. (2006): *Using Virtual Reality in a large-scale industry project*, Submitted to Electronic Journal of Information Technology in Construction (ITcon).

Toolanen, B. (2006), *Lean contracting and Lean process design – interacting pillars in Relational contracting*, Submitted to 14th annual conf. International Group of Lean Construction – IGLC 14, Santiago, Chile, 25 - 27 July, 2006

Toolanen, B. (2006), *Footprints of newer procurement strategies in Sweden*, Submitted to the CIB 92 Conference, Salford, UK, November 2006.

Woksepp, S., Olofsson, T., (2007), *Projektsamordning med virtuell verklighet*, Bygg & Teknik, Nr 2, 2007.

2 MK3 – PROJEKTET

2.1 Stort, snabbt och komplicerat

LKAB beslutade i november 2004 att bygga ett tredje kulsinter/pelletsverk i Malmberget, benämnt MK3. När anläggningen tas i drift kommer befintliga stålbandsverket i Malmberget att stängas och på plats finns då två pelletsverk. Förutom dessa har LKAB befintliga pelletsverk i Kiruna och Svappavaara och en ny pelletsanläggning i Kiruna under uppförande. MK3 anläggningen kommer att öka LKABs årliga produktionskapacitet med cirka 2 Mt. Investeringen uppgår till totalt 2,6 miljarder kr och produktionen startade i slutet av 2006. De första åren skall en del av råmalmen komma från gruvan i Kiruna. Figur 2.1 visar en översikt av LKAB:s industriområde där de blå byggnaderna visar planinvesteringarna i MK3 projektet.



Figur 2.1 Befintliga (röd) och planerad utbyggnad i MK3 projektet.

Det är den dramatiskt ökande efterfrågan på stål, främst från Kina, som har drivit fram behovet av nya pelletsverk. Investeringen ökar behovet av driftsper-

sonal i LKAB med 35-40 personer. Under anläggningstiden var ca 400 personer att vara sysselsatta i bygg, montage och konsultföretag.

Projektet är unikt av flera skäl:

- *Det är stort.* MK3 projektet omfattar ett nytt kulsinterverk, ett utbyggt anrikningsverk och en ny lastnings- och lossningsstation. Enbart rullhuset som inrymmer pelletsmaskineriet är på ca 11 000 m². Projektet omfattar ca 26000 m³ fabriksbetong och 2000 ton armering, 7500 ton stål samt 17 500 ton betongelement (prefab).
- *Det skall gå fort.* LKAB vill så snabbt som möjligt utnyttja den gynnsamma konjunkturen. I augusti 2004 gick LKAB ut med anbudsförfrågan och anläggningsarbetena startade var i november 2004. Från byggstart till färdig anläggning tog det ca två år. Det har lett till en komprimerad tidplan där flera aktiviteter bedrivits parallellt vilket ställt stora krav på samordning.
- *Det är komplicerat.* Projektering, konstruktion och anläggningsproduktion måste ske parallellt med samverkan mellan konsulter, bygg-, installations- och processleverantörsföretag (NCC, ABB, Sweco/Bloco, WSP, Jaakko Pöyry, Outokumpu, m.fl.) och deras underleverantörer (YBT, Ramirent, Scancon, m.fl.).

2.2 Det moraliska kontraktet – Mycket kul i 3 år (MK 3)

För att reducera riskerna (stort, snabbt och komplicerat) och för att få en effektiv samverkan mellan inblandade aktörer i projektet, beslöt LKAB på ett tidigt stadium att upphandla MK3 som ett partnering projekt. Syftet var att skapa en projektorganisation som bygger på förtroende och öppenhet mellan beställare, entreprenörer och konsulter med tydliga ansvarsområden och projektgemensamma mål.

Ett *moraliskt kontrakt* utformades under en workshop i slutet av november 2004 där personer från bland annat beställaren LKAB, huvudentreprenören NCC, samt ett antal teknikkonsulter Jaakko Pöyry, WSP, Sweco/Bloco enades om de övergripande målsättningarna. Där myntades också begreppet MK3 – Mycket Kul i 3 år.

Det moraliska kontraktet innehåller viktiga målsättningar som ska säkerställa att MK3 projektet skall lyckas, både som projekt och färdig produktionsanläggning. Där står bland annat följande, se också bilaga 1:

- Projektet skall drivas i en positiv anda och präglas av samsyn, ärlighet, öppenhet och kunskapsutbyte mellan parterna.
- Hög etik och moral skall prägla projektet.
- Minska revirtänkande och fördomar.
- Inga olycksfall med sjukfrånvaro under anläggningstiden.
- MK3 skall producera rätt volym till rätt kvalitet i rätt tid både som projekt och produktionsanläggning.
- Alla aktörer skall ges möjlighet till skälig vinst.
- Prognoser präglade av öppenhet med förslag till förbättringar.

Det moraliska kontraktet är inte juridisk bindande men skall öka sammanhållningen, det personliga engagemanget och skapa ett gemensamt ansvar för att de övergripande målen som parterna enats om att genomföra.

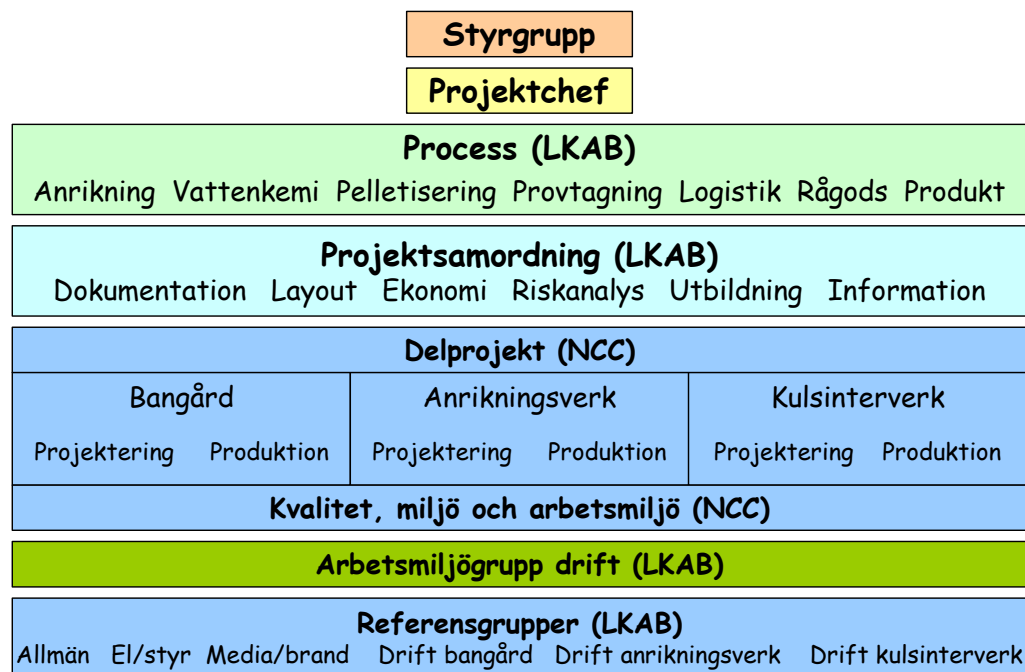
2.3 Organisation, ansvar och processer

I ett stort industriprojekt är det viktigt att ha en organisation med tydlig ansvarsfördelning och samordning mellan de olika parterna. Figur 2.2 visar en översiktlig organisationsplan över MK3 projektet.

Styrgruppen inom LKAB följer upp projektet och beslutar om bl.a. större förändringar. De har också ansvar för förstudier och förprojektering. Projektchef för MK3 inom LKAB är Christer Gärde. LKAB har det övergripande ansvaret för att verkets funktioner säkerställs (industriprocessen) och projektsamordning vad gäller dokumentation, layout, ekonomi, riskanalys ur ett arbetsmiljöperspektiv samt utbildning av operatörer och informationsspridning. Förstudien och förprojekteringen syftar till att ta fram marknadsmässiga förutsättningar för dimensionering av anläggningar samt underlag för investeringsbeslutet.

Projektet har delats in i ett antal delprojekt, bangård, anriktningsverk och kul-sinterverk (kall och varm del) där NCC har det övergripande ansvaret produk-

tion och projektering samt kvalitet, miljö och samordning på projektet. NCC har för projektering avtal med Sweco/Bloco, WSP och Jaakko Pöyry. Till projektet har också knutits ett antal referensgrupper som bevakar olika delar och funktioner i projektet. Dessutom finns det en arbetsmiljögrupp för driften av anläggningarna.

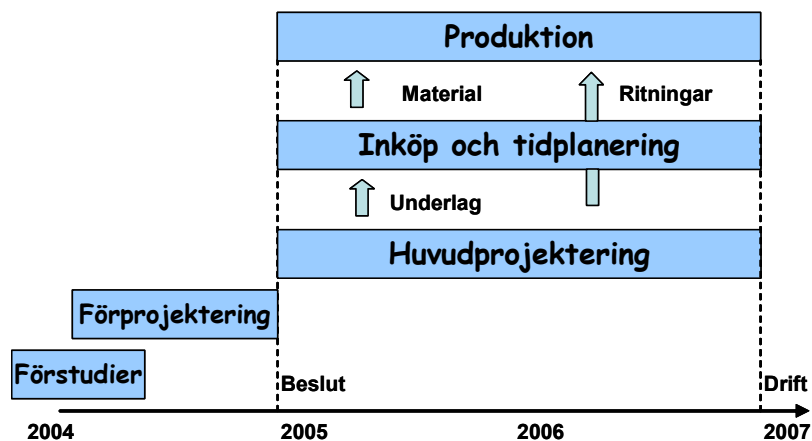


Figur 2.2 Översiktlig organisationsplan av MK3 projektet

Grovt kan projektet delas in i följande processer, se också Figur 2.3:

- Förstudien innehåller marknadsanalyser, intäktspotential, miljökonsekvensbeskrivning, produktionsplaner, grov processlösning och layout, grov kostnadsindikation och pay-off tid. Olika alternativ utreds för beslut av styrgruppen.
- Förprojektering görs för att ta fram ett kalkylunderlag för investeringsbeslut. Vissa upphandlingar görs tidigt i syfte att kvalitetssäkra budgeten.
- Huvudprojektering, detaljprojektering av mark, byggnader, processinstallationer, ventilation, el/styr i syfte att ta fram handlingar för produktion.

- Produktion, markarbeten, byggnader, processinstallationer, ventilation, el/styr.
- Inköp och tidplanering.



Figur 2.3 Översiktlig tidplan i MK3 projektet

Projektering och konstruktion av anläggningen (Process, El, VVS, Bygg, e.t.c) sker parallellt (Concurrent Engineering) med syfte att bereda inköp och produktion (ritningar och mängder). Projektering sker med 3D Cad med undantag av elanläggningar och framtagning av vissa produktionsritningar. Inköp, tidsplanering (leveranser och produktionsaktiviteter) och uppföljning sker kontinuerligt och samordnas av en central planeringsavdelning.

2.4 Kommunikation, samverkan och samordning

Samverkan mellan berörda aktörer är av stor vikt i ett stort, snabbt och komplicerat projekt som MK3. Det krävs en god samverkan både på lång och kort sikt för att kunna:

- Få en bra utformning av anläggningen ur olika perspektiv som funktion, underhåll, arbetsmiljö.
- Skapa effektivt genomförande av projektet ur tids-, funktions- och kostnadsperspektiv.

- Samordna projektering, leveranser och produktion på byggarbetsplatsen så att planerade aktiviteter kan genomföras effektivt, med hög kvalitet och i rätt ordning.

Speciell hänsyn till kommunikation, samverkan och samordning i projektet har tagits genom:

- Att skapa projekt gemensamma mål och incitament. (se kapitel 3)
- Att arbeta strategiskt med att öka samverkan (se kapitel 4)
- Att använda VR som ett kommunikations- och koordineringsverktyg genom hela projekteringsprocessen (se kapitel 5).
- Att använda ett gemensamt tidplaneringssystem (se kapitel 6).
- Regelbundna samordningsmöten:
 - På delprojektnivå (Anrikning, Bangård, Kulsinter varm och kall del) med representanter från samtliga entreprenörer och större underentreprenörer:
 - Morgonmöte: Kort avrapportering av status för respektive montagetam. Beslut om nödvändiga förändringar för dagen.
 - Veckomöten för montaget omfattande tidplan, pågående/kommande arbeten, handlingar, hinder, störningar och möjligheter, lyftplan.
 - Veckomöten för KMA (Kvalitet, Miljö och Arbetsmiljö) som behandlar frågor rörande arbetsmiljöplanen, tillbud/olycksfall och ordning och reda på byggarbetsplatsen, skyddsronder, källsortering, egen kontroll, utbildningar och besiktningar.
 - Projekteringsmöten hålls minst varannan vecka (heldag) för designgenomgång och granskning.

På nästa sida, Figur 2.4, visas mötesschemat för delprojekt kulsinterverk i MK3-projektet.

	måndag	tisdag	onsdag	torsdag	fredag
07 ⁰⁰	Morgonmöte	Morgonmöte	Morgonmöte	Morgonmöte	Morgonmöte
08 ⁰⁰	Skydds rond Kulis (Kalla)	Montagemöte Kulis-Kalla	Byggmöte LKAB-METSO Pumpar	Byggmöte NCC P-E.H	Arbetsmiljö- grupp LKAB
09 ⁰⁰	Skydds rond Kulis (Varma)	Montagemöte Kulis-Varma	Projmöte Kulis (Ojämn Vecka)	Byggmöte Outokumpu P-E.H	
10 ⁰⁰				Byggmöte KoneCranes	Telemöte El/styr
11 ⁰⁰	Byggmöte Vågar	Byggmöte METSO Rulltrummor		Byggmöte YIT Ställversventilation	Internmöte LKAB
12 ⁰⁰			Byggmöte Rörentreprenad		
13 ⁰⁰	KMA Kulis-Kalla	Byggmöte EIRICH	Gransknings- möte Kulis (Ojämn vecka)	Byggmöte METSO Avvattning	
14 ⁰⁰	KMA Kulis-Varma	Byggmöte Visay Nobel		Byggmöte YIT Takfläktar	
15 ⁰⁰		Byggmöte SIKTAR	Byggmöte Zander & Ingeström	Byggmöte ROXON	
16 ⁰⁰					
17 ⁰⁰					

Figur 2.4 Mötesplan delprojekt kulsinterverk.

Informella möten sker också kontinuerligt eftersom de tar en stor del av bördan från de ”officiella mötena” – via personliga kontakter, telefon och e-post.

3 UPPHANDLING

3.1 Byggherrar rekommenderar

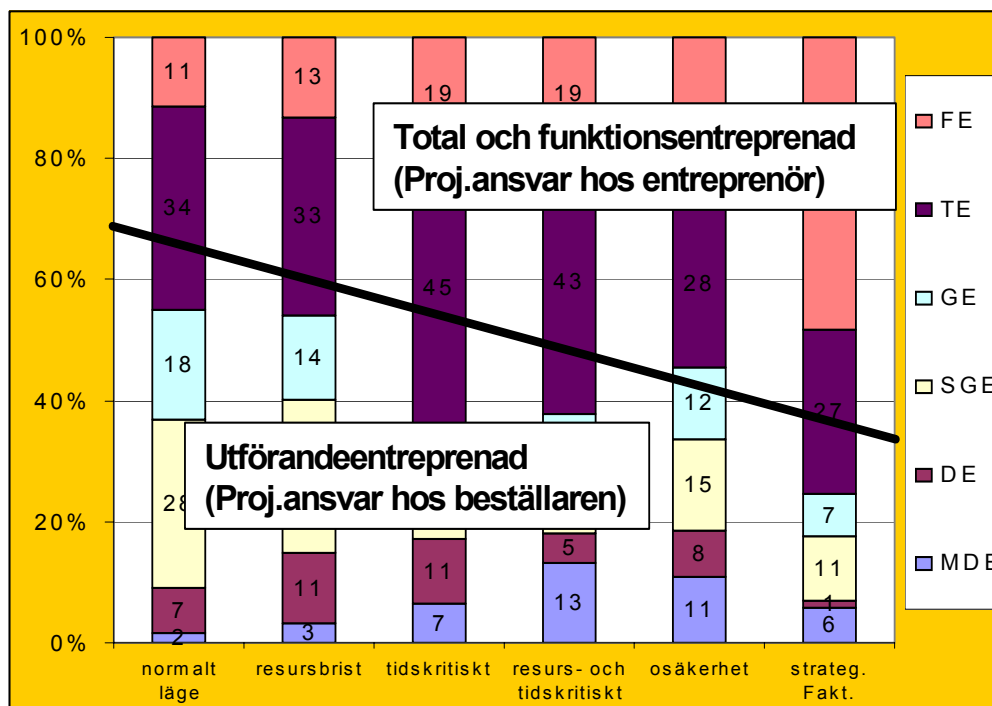
Upphandling av resurser vid genomförande av byggprojekt är en mycket viktig och central fråga för byggherren för att önskvärda mål om t.ex. tid, ekonomi och kvalitet skall uppnås. Projekt av typ MK3 med korta ledtider (dynamiska projekt) och hög teknisk komplexitet medför risk för behov av stora förändringar och anpassningar under projektgenomförandet. Valet av upphandlings- och samverkansform blir då central för att minska riskerna i projektet och få ett lyckat slutresultat.

Hur valet av genomförande-, ersättnings- och samverkansformer påverkas av beslutsmiljön har studerats av Bengt Toolanen i forskningsrapporten *Målstyrning i byggprocessen genom val av genomförande-, ersättnings- och samverkansformer*. Med beslutsmiljö avses aktuell kombination av yttre och projektanknutna faktorer som tillgänglig ledtid, teknisk komplexitet, resurstillgång, osäkerhet i utformning och projektets strategiska betydelse för byggherren. Resultatet är baserat på omfattande enkätstudier där personer med lång erfarenhet av upphandlingar har agerat som rådgivare och rekommenderat lämplig kombination av genomförande-, ersättnings- och samverkansform beroende på den aktuella beslutsmiljön för projektet. Studien är unik eftersom den visar hur olika faktorer påverkar valet av upphandlingsmodell samt hur de olika komponenterna interagerar. Resultatet från enkätundersökningen ger en indikation på hur valet av upphandlingsmodell bör göras vid olika beslutsmiljöer (Toolanen 2004).

Figur 3.1 – Figur 3.3 visar hur valet av genomförandeform, ersättningsform och samverkansform påverkas av beslutsmiljön. Resultaten i dessa figurer visar en sammanställning av medelresultat för fyra olika typer av projekt beträffande bl.a. teknisk komplexitet.

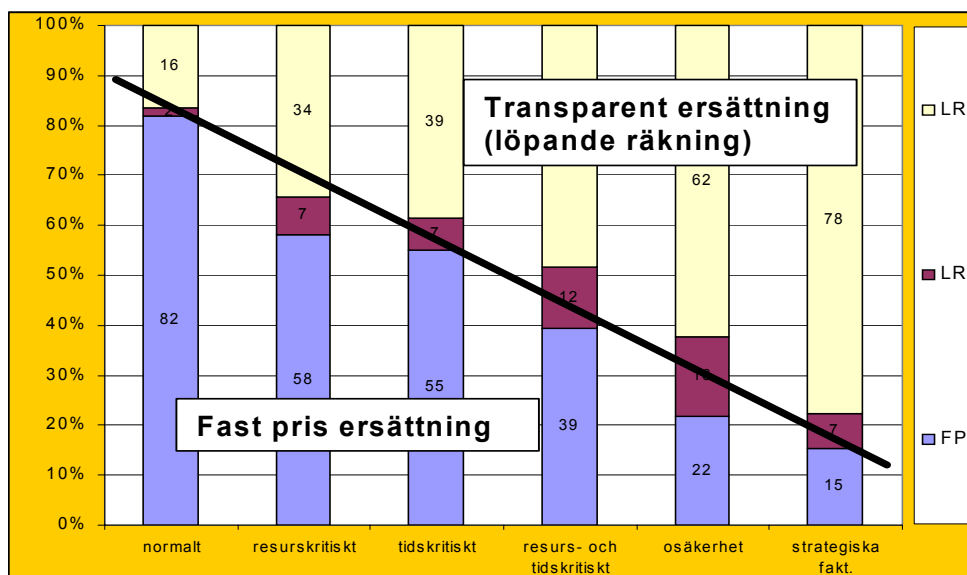
Figur 3.1 visar att vid en beslutsmiljö utan tidspress och i övrigt normala omständigheter (*normalt*), då marknadsläget upplevs som fördelaktigt på utförarsidan (*resursbrist*) och projektet inte betraktas som tekniskt komplext förordar en svag majoritet traditionella genomförandeformer av typen utförandeentre-

prenad där produktutformningsansvaret mestadels ligger hos beställaren. När komplexiteten ökar förskjuts valet till genomförandeformer av typen total- och funktionsentreprenader där entreprenören tar det huvudsakliga ansvaret för projektering och konstruktion (*produktdesignen*). En indikation från undersökningen beträffande genomförandeform är att valet i hög grad påverkas av vilket personligt förtroende beställare har för att entreprenören skall leverera en önskad produktfunktion genom målstyrning.



Figur 3.1 Val av genomförandeform vid olika beslutsmiljöer

Att valet av lämplig ersättningsform påverkas mycket av beslutsmiljön framgår av Figur 3.2. Resultaten visar att transparenta ersättningsformer förordas i allt högre grad när förutsättningarna för projektet blir mer komplexa i form av kort ledtid, osäkerhetsfaktorer och då byggherren ser projektet som strategiskt viktigt. Undersökningen ger också indikationer om att transparent ersättningsform och därmed god insyn i projektets reella kostnadsmassa av många bedöms ge fördelar för byggherren även i situationer av för projektgenomförande svag konkurrens bland utförarna. Vid osäkerhetsfaktorer som risk för projektändringar under utförandetiden, t.ex. genom enkel förprojektering innan start, är det lättförståeligt att transparent ersättningsform föredras av en stor majoritet.



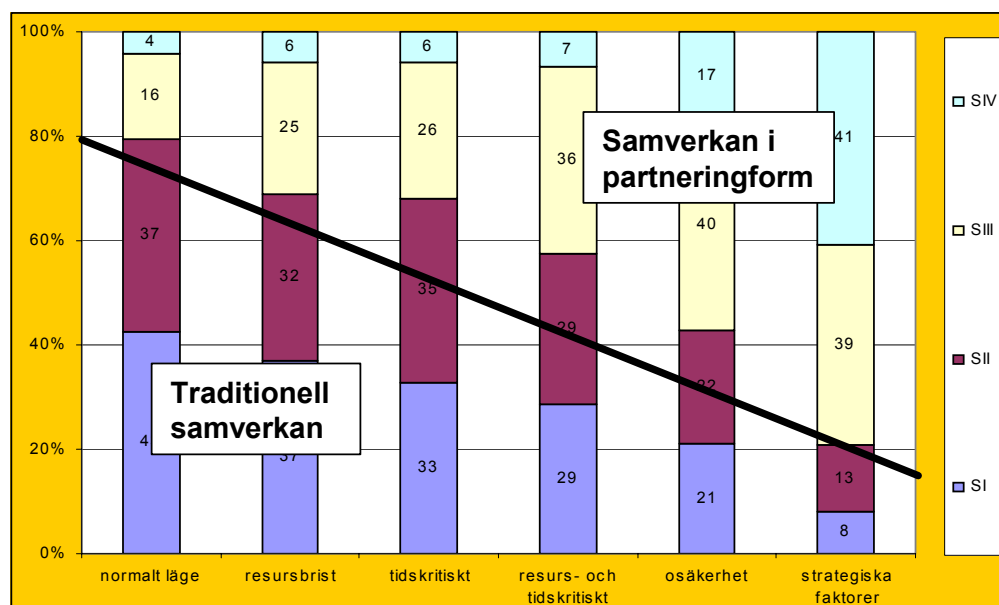
Figur 3.2 Val av ersättningsform vid olika beslutsmiljöer

En annan viktig del i upphandlingen är att ta ställning till hur projektets samverkansform skall vara (Figur 3.3). Ytterligheterna i val av samverkansform är ett traditionellt transaktionsinriktad (kontraktsinriktat) partsförhållande (S_I i Figur 3.3) och ett samverkansinriktat strategiskt partnerskap/strategisk partnerering (S_{IV} i Figur 3.3). Med S_{II} i figur avses ett samverkansförhållande där parterna är måna om en långsiktigare affärsrelation/affärsgemenskap som kan vara såväl formellt strukturerad eller också tämligen informellt betingad. Med S_{III} avses en partneringsamverkan som är i första hand objektsbunden (objektpartnering).

Av figuren framgår att partnering som samverkansform förordas vid mer komplexa beslutsmiljöer med osäkerhetsfaktorer och vid strategiska överväganden. Vid jämförelse mellan Figur 3.2 och Figur 3.3 framgår att valen av transparenta ersättningsformer och relationsinriktade samverkansformer går hand i hand. Partnering bygger i hög grad på förtroende mellan parterna och transparens (öppenhet) är en viktig faktor i det sammanhanget.

Partnering har fått ett kraftigt genomslag i England där mer än hälften av upphandlingarna (värdemässigt) sker med samverkan i partneringform. Denna utveckling startade i England i stor utsträckning till följd av regeringsdirektiv till offentliga beställare att pröva nya modeller vid upphandlingar av byggprojekt.

I Sverige har partnering ännu inte fått samma genomslag som i England men har applicerats explicit som en struktur för samverkan vid bl.a. några genomförda försöksprojekt som följts upp under medverkan av forskare från Luleå Tekniska Universitet och Chalmers Tekniska Högskola.



Figur 3.3 Val av samverkansform vid olika beslutsmiljöer

3.2 Upphandling av MK3 projektet

Byggandet av kulsinteranläggning MK3 är ett stort och komplext anläggningsprojekt med högt ställda krav på kort genomförandetid efter att styrelsebeslut tagits i LKAB. Som en strategisk produktionsanläggning för kundorienterad vidareförädling av järnmalm till kulsinter ställs dessutom höga kvalitetskrav på anläggningens funktion samt krav på styrning för att det ekonomiska slutresultatet inte överskrider budgetramarna.

MK3 projektet karakteriseras enligt beslutsmiljöerna i Figur 3.1 – Figur 3.3 som ett projekt med tid- och resursbrist, osäkerhetsfaktorer och med strategiska inslag. Därför bör lämpligen total- eller funktionsentreprenad väljas som genomförandeform, löpande räkning med incitament som ersättningsform samt partnering som samverkansform.

LKAB har upphandlat projektet på basis av ett förfrågningsunderlag LF204089 daterat 2004-08-27. Projektet omfattar utbyggnad av befintligt anriktningsverk

med en sektion, byggandet av nytt pelletsverk samt ny lossningstation inkl. produktsilon. Enligt förfrågningsunderlaget (LF) upphandlas projektet som totalentreprenad enligt ABT 94 genom s.k. tidig upphandling utan fullständigt förfrågningsunderlag. Upphandlingen enligt LF204089 avser i huvudsak byggnadstekniska anläggningsarbeten och samordning av sidoentreprenader för processanläggningar och installationer.

Beställare (B) och entreprenör (E) skall enligt LF *gemensamt ta fram uppgifter på verksamhetens krav genom projektering, varvid E detaljkonstruerar system- och bygghandlingar*. Ersättningsformen skall enligt LF vara löpande räkning med incitament för rörliga produktionskostnader enligt mängdförteckning. Däremot skall enligt LF kostnader för projektering samt för ledningsorganisation, arbetsplatsetablering samt entreprenörarvoden vara fasta kostnader. Samverkansformen anges till *s.k. partnering*. Enligt LF är avsikten *att åstadkomma en mellan B och E integrerad projektorganisation med bibehållandet av strikta ansvarsgränser och med gemensamt incitament för uppfyllandet av projektets målsättning*.

Byggentreprenaden har upphandlats av NCC enligt kontrakt daterat 2004 – 09-28. Kontraktet blev villkorat fram till LKAB:s sedermera positiva styrelsebeslut 2004-11-03. I kontraktet har vissa ändringar gjorts i förhållande till LF som en följd av mellanliggande förhandlingar. De övergripande målen i projektet skall enligt kontraktet vara *god arbetsmiljö, teknisk funktion, tid och ekonomi*. Projekteringen har ändrats från att vara en fast kostnad till att vara en reglerbar kostnad. Processmaskinutrustning samt styr och reglerutrustning har upphandlats i ett senare skede som partneringsprojekt av Outokumpu respektive ABB.

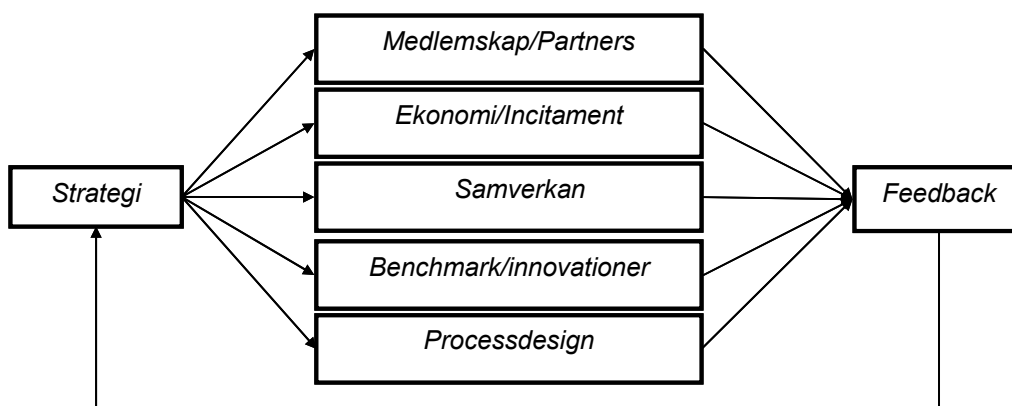
Valet av upphandlingsmodell beträffande genomförande-, ersättnings- och samverkansformer för MK3 visar således mycket god överensstämmelse med de rekommendationer som en stor majoritet av byggherrarna gav i av Bengt Toolanen genomförd studie av upphandlingar (*Toolanen, 2004*).

4 SAMVERKAN

4.1 Enkätundersökning och analys av partnering vid MK3

Partnering som samverkansform har till stor del utvecklats i England (Bennett, J., Jayes, S., 1998). I första generationens partnering var inriktningen koncentrerad på förtroendeuppbyggnad och gemensamma mål. I andra generationens partnering finns utöver detta även strategiska inslag och ett bredare spektrum av strukturer och målsättningar.

Utvärdering av partneringprocessen i MK3 projektet har genomförts av NCC och LKAB i samverkan med Bengt Toolanen, Luleå tekniska universitet. Utvärderingen har till stor del baserats på de erfarenheter av partnering som redovisas i boken *Seven Pillars of partnering* (Bennett, J., Jayes, S., 1998) där sju viktiga aspekter för en lyckad partneringprocess beskrivs, Figur 4.1.



Figur 4.1 *Seven pillars of partnering, efter Bennett, J., Jayes, S., 1998.*

I enkäten har svarandena fått ta ställning till olika påståenden och frågeställningar som finns redovisade i Bilaga 2. En sexgradig svarsskala har använts med ytterlighetsalternativen *håller ej med (1) ... håller helt med (6)* respektive *fungerat inte alls (1) ... fungerat mycket väl (6)*. Enkäten har besvarats av 23 st i projektet aktiva konsult-, entreprenör- och beställarrepresentanter.

Resultaten av undersökningen i MK3 projektet (observationer och utfall av enkät) har strukturerats enligt modellen *Seven Pillars* i figur 4.1. Svaren på frågorna har grupperats på ett sådant sätt som bedöms knyta an till dessa aspekter av partneringprocessen. En kortfattad beskrivning av de olika delkomponenterna enligt figur 4.1 ges i anknytning till redovisningen av resultatet. Resultaten från enkäten har redovisats som numeriska medelvärden (1 – 6) från beställare, entreprenörer och konsulter särskiljts. Frågeställningar som använts framgår av Bilaga 2.

4.2 Strategi

Strategin enligt *Seven Pillars* är grunden i parteringprocessen och anger övergripande mål och riktlinjer för projektet. Strategier och målstyrning baseras i möjligaste mån på feedback (erfarenhetsåterföring) från tidigare projekt.

En strategi bör inkludera:

- de viktigaste målsättningarna i projektet (målformuleringar)
- taktik och procedurer för att stödja måluppfyllelse
- utformning av huvudprocessen – övergripande processdesignen för att nå målen

Strategin bör dokumenteras i en *partneringdeklaration* (övergripande mål samt framgångskriterier), övergripande affärs-, organisations-, utvecklings- och effektiviseringsplaner. Viktiga inslag i en strategi är att skapa incitament för utveckling och innovationer. En alltför rigid styrning som kan kväva enskilda initiativ till förändringar och innovationer bör undvikas.

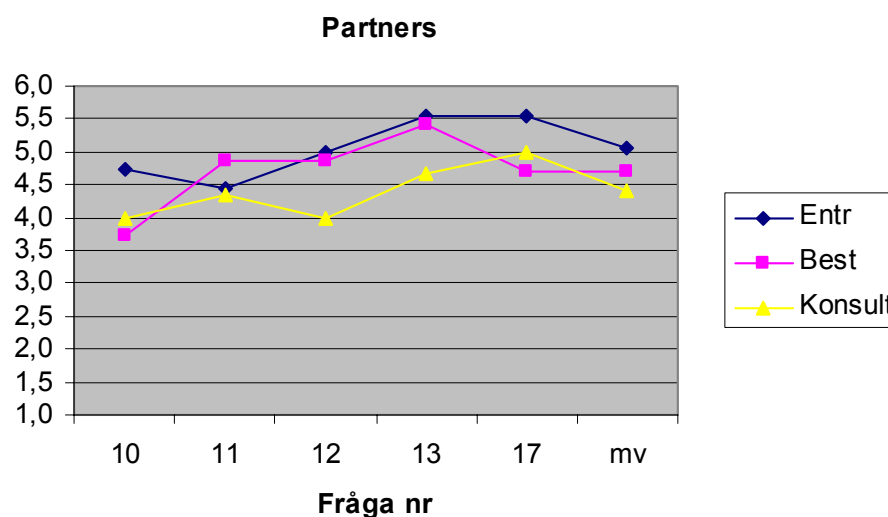
Följande aspekter angående *Strategin* i MK3 projektet kan noteras:

- Övergripande målsättningar beträffande samverkan har fastlagts i avtal mellan parterna. De övergripande målen är formulerade för att skapa en god arbetsmiljö och ekonomi, en bra funktion samt en tidplan för start av kulsinterverket.
- Målformuleringarna ingår också i *Partneringdeklaration 041130* som undertecknats av aktörer från LKAB, NCC, WSP och Sweco Bloco, se Bilaga 1. Där finns också övergripande riktlinjer fastställda för hur partneringprocessen skall utformas.

- Organisationen består av partssammansatta ledningsgrupper (partnerskapsledning) för projektledning, projekteringsledning och produktionsledning.

4.3 Partners/Medlemskap

Partners/Medlemskap handlar om vilka som skall ingå i ett partnerskap. Företag som har en ambition att ingå som partners måste ha *långsiktighet* i sitt agerande och vara intresserade av *transparens* och fokusering på *kundvärdet*. En viktig aspekt vid val av partner i en partneringrelation är att utvärdera företagets kompetens och kultur i frågor som långsiktighet, transparens och kundvärdesfokusering. Det är ofta av stort värde att partneringgruppen blir *tvärfackligt* och *flerdimensionellt* sammansatt och upplevs som homogen av deltagarna i partneringgruppen samt att behovet av kommunikation inom gruppen beaktas.



Figur 4.2 Resultat av mätning av parametrar för Partners/Medlemskap (Frågor är redovisade i bilaga 2)

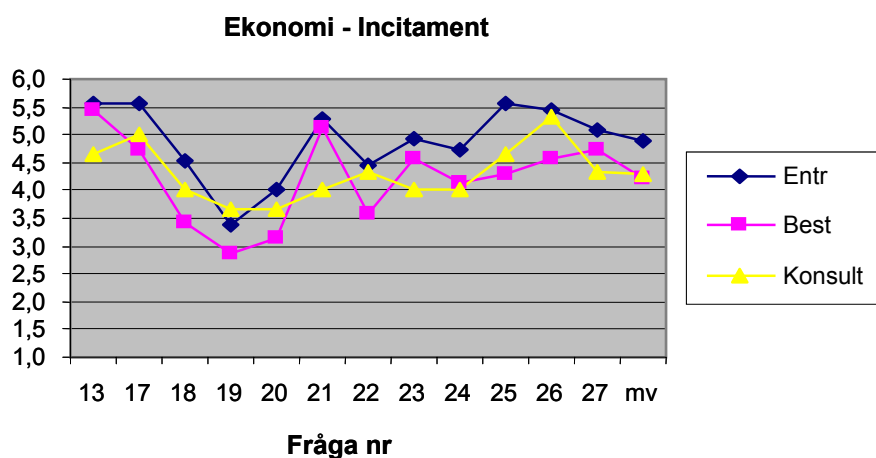
Följande aspekter angående Partners/Medlemskap i MK3 kan noteras:

- *Partneringdeklarationen 041130* (se Bilaga 1) har undertecknats av aktörer från LKAB, NCC, WSP och Sweco Bloco
- Viss skepsis råder till att partneringgruppen varit optimalt sammansatt och detta mest hos beställaren

- Partneringgruppen har upplevts mindre homogen av konsulterna
- Stor enighet om att ekonomisk transparens är en viktig faktor i partnersamsamverkan
- Bra överrensstämmelse beträffande att gruppen prioriterat långsiktighet framför kortsiktighet

4.4 Ekonomi/incitament

Ekonomi/Incitament handlar om målsättningar att få ett långsiktigare tankesätt beträffande bl.a. *investeringar* i utveckling av såväl humana resurser som teknologi. Ekonomiska systemet bör ha hög grad av *transparens* och bejaka nödvändigheten av alla inblandade har möjlighet till att få en *sund ekonomi* (vinstbejakandet) för att få en bas för långsiktighet och investeringar. Ekonomiska *incitament* bör ha en profil av *rättvisa* och fungera som belöning för prestationer utöver standardnivå. Denna pelare benämns *equity* ("ekonomisk rättvisa") i *Seven Pillars of Partnering*.



Figur 4.3 Resultat av mätning av parametrar för ekonomi – investeringar (Frågor är redovisade i bilaga 2)

Följande aspekter angående Ekonomi/incitament i MK3 projektet kan noteras:

- I partneringdeklarationen ställs krav på öppenhet i prognoser, möjlighet till skälig vinst och att positivt incitamentsutfall skall eftersträvas.

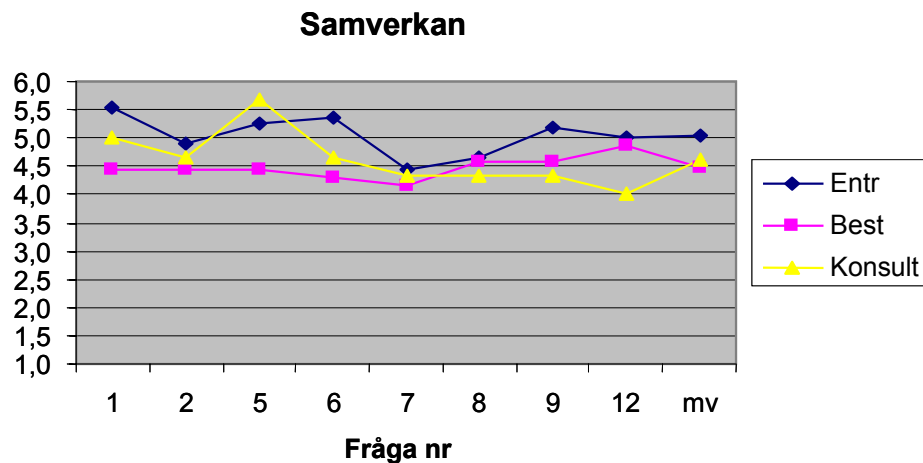
- Partneringsamverkan, incitamenten och transparensen tros ha en positiv inverkan på projektets genomförandetid, funktion och ekonomi (i viktad ordning). Tillfredsställelsen med konstruktionen av incitamenten är dock inte helt entydig, speciellt konsulterna är mindre positiva. Parterna är dock ense om vikten av transparens och långsiktighet
- Enighet råder också om att satsningarna på utbildning beträffande partnering av såväl tjänstemän samt kollektivanställda kunde ha varit bättre. Enighet finns också beträffande behovet av generella utvecklings- och utbildningsinsatser för tjänstemän och kollektivanställda i projektet.
- Entreprenörer och beställare upplever investeringarna i visualisering (VR och 3D CAD) som välavvägda. Konsulterna är något försiktigare i omdömet. Investeringarna i andra tekniska innovationer kunde ha varit bättre. Speciellt beställaren är av den åsikten.

4.5 Samverkan

En effektiv partneringprocess bygger på samverkan mellan aktörerna. En grundförutsättning för detta är att *förtroende* finns och utvecklas organisatoriskt på alla organisationsnivåer. En projektorganisation skall uppfattas externt som *homogen* och *integrerad* även om den utgör en samverkande enhet av resurser från olika företag och från olika kompetenser (en virtuell organisation). En bra bas för detta är aktiva teambuildings- och förtroendeuppbyggnadsaktiviteter, gemensamma IT – strategier och höga kompetens- och kunskapsnivåer hos de medverkande.

Följande aspekter angående samverkan i MK3 projektet kan noteras:

- I MK3 projektets partneringdeklaration finns målsättningar beträffande samverkan genom *öppenhet, samsyn och bra kommunikation*.
- I MK3 projektet har regelbundna workshops genomförts för att öka förtroendet mellan de olika aktörerna.
- Överlag är omdömena mycket positiva om hur samverkansklimatet utvecklats i projektet. Beställarsidan är dock en aning mer försiktig beträffande hur öppenhet och förtroendet utvecklats än konsulter och entreprenörer.



Figur 4.4 Resultat av mätning av olika samverkansparametrar (Frågor är redovisade i bilaga 2).

4.6 Benchmarks/Innovationer

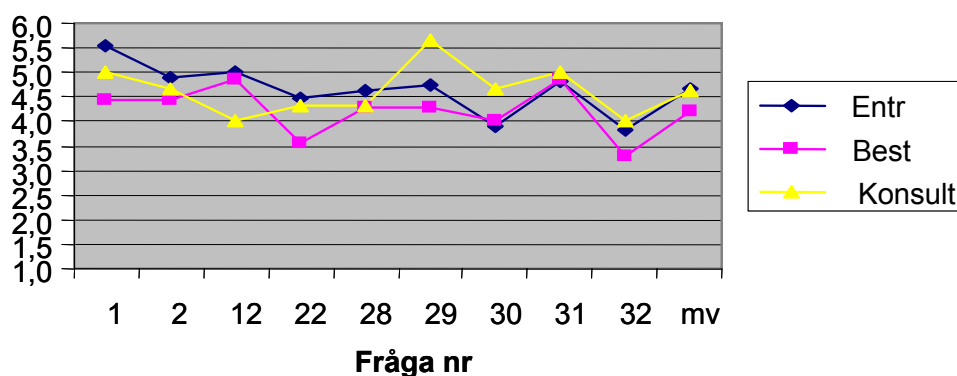
Syftet med Benchmarks/Innovationer är att åstadkomma *ständiga förbättringar* genom sökande av ny kunskap och innovationer. Med innovationer menas i detta fall att för aktuell organisation ny kunskap eller nya tekniska och organisatoriska/ledningsmässiga lösningar används för att effektivisera projektet. Innovationer kan initieras genom att kunskap från andra projekt inom branschen, kunskap från andra branscher (*benchmarking*) eller att forskningsresultat implementeras. Ett led i innovationsarbetet är att ge incitament och uppmuntran för medarbetare till att ge förslag till förbättringar. Erfarenheten har visat att de är de många små förbättringarna som oftast ger det bästa resultatet. Viktiga faktorer är att på olika sätt få ett gott *innovationsklimat* som engagerar och uppmuntrar både tjänstemän och kollektivanställda till innovativt beteende.

Följande aspekter angående samverkan i MK3 projektet kan noteras:

- Etableringen av partnering är ett exempel på en stor innovation i projektet.
- Hög samstämmighet föreligger av det innovativa värdet av 3D och VR visualiseringen.
- Beträffande innovationer i traditionell ingenjörsteknologi föreligger en viss tveksamhet, speciellt från beställaren.

- Potentialen till innovationer genom ständiga förbättringsförslag från kollektivanställda har inte tillvaratagits på ett bra sätt.
- Innovationsklimatet i detta projekt är bättre än vid ett traditionellt upphandlat projekt.

Benchmarks - innovationer



Figur 4.5 Resultat av mätning av parametrar för Benchmarks / innovationer (Frågor är redovisade i bilaga 2)

4.7 Processdesign

Utformningen av processerna, processdesignen i projektet, skall stödja uppfyllandet av kundkraven i projektet. Ökade krav på korta ledtider, kvalitet och ekonomi kräver ofta att nya modeller för organisation av projektering och produktion införs. Ett viktigt inslag i processdesignen är att åstadkomma en tvärfacklig och flerdimensionell samverkan i projektet mellan byggherre, designers och utförare så att tillgänglig kompetens och kunskap används på ett konstruktivt sätt i projektet.

Vid processdesignen bör också interaktionen mellan komponenterna i partneringprocessen beaktas (*Seven Pillars*), för att bl.a. skapa ett klimat som uppmuntrar till kontinuerliga förbättringar samt implementering och utveckling av innovationer. Därmed uppnås en av målsättningarna för partneringsamverkan, att få effektivitetsvinster på ett balanserat och kontrollerat sätt genom ett målinriktat och effektivt samarbete mellan parterna. Exempelvis så kan följande områden beröras:

- Produktutformning, projektering
- Produktframställning, produktion
- Upphandlingar, leverantörsrelationer
- Kommunikation och informationshantering
- Samverkan, teambuilding och förtroendeuppbyggnad
- Innovationer
- Uppföljning, ständiga förbättringar

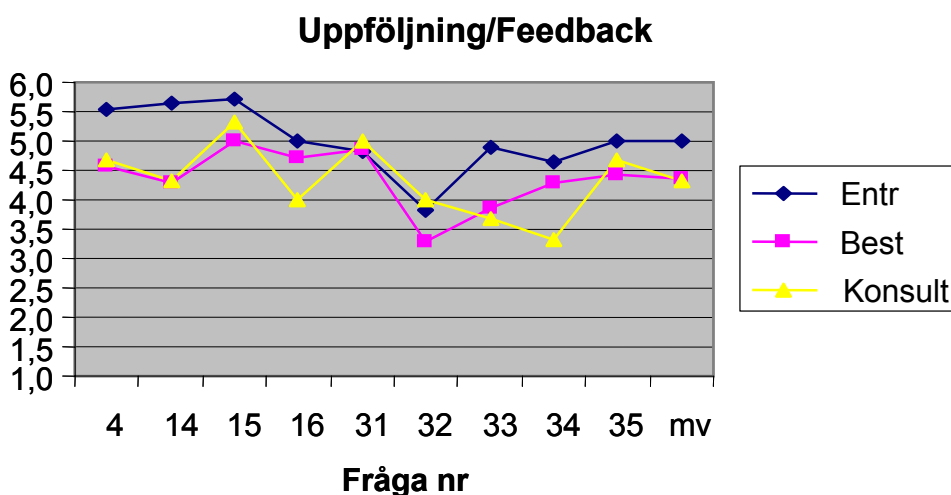
Följande aspekter angående processdesignen i MK3 projektet kan noteras:

- Upplägget av projektering/produktion som samtidiga processer (concurrent engineering) samt IT system för att stödja denna process beskrivs i kapitel 5 och 6.
- Strategiska upphandlingar av större komponenter görs i strukturerad samverkan mellan LKAB och huvudentreprenören NCC
- Effektiva kanaler för kommunikation av information mellan kund, konsulter och entreprenörer har skapats som resultat av ett öppet samarbetsklimat (avsnitt 4.5), processupplägg (Concurrent Engineering) samt IT - stöd för 3D projektering, VR och projektgemensam planering (kapitel 5 och 6)
- Utveckling av innovationer och uppföljning framgår av avsnitt 4.6 och 4.8.

4.8 Uppföljning / Feedback

Ett system för uppföljning och feedback är väsentligt för att kunna *mäta och återföra resultat*. I partneringsprojekt med incitament ligger också uppföljningen av resultat till grund för det ekonomiska utfallet. När man förändrar processer eller inför nya system för att effektivisera är det också viktigt att ta vara på erfarenheterna för att förbättra processen i pågående projekt eller från ett projekt till ett annat. Ett uppföljningssystem skall anpassas till aktuellt projekt på ett flexibelt och genomtänkt sätt. Informationshanteringen kan ofta automatis-

ras och effektiviseras genom användning av IT system. För LKAB bör denna punkt vara mycket angelägen med tanke på kommande investeringar.



Figur 4.6: Resultat av mätning av parametrar för uppföljning – feedback (mätfrågor enligt bilaga 2).

Följande aspekter angående Uppföljning/Feedback i MK3 projektet kan noteras:

- God samstämmighet råder mellan parterna om att valt samverkanssätt leder till kortare byggtid och bättre funktionsuppfyllelse än om projektet varit konventionellt drivet. Däremot är samstämmigheten inte lika god beträffande det ekonomiska utfallet.
- Satsningarna på 3D och VR är en bra erfarenhet från MK3
- Innovationsklimatet och innovationsarbetet kunde ha varit bättre
- Uppföljningssystemet som använts har inte fungerat helt tillfredsställande enligt beställare och konsulter.
- Workshops kring partnering

Under projektiden har två workshops hållits 051115 och 060316 för att följa upp partneringprocessen vid MK3. Bland annat har resultat från parternas egna enkätundersökningar presenterats beträffande hur aktörerna uppfattar att partneringprocessen utvecklats. Vid dessa möten har Bengt Toolanen, LTU deltagit

för att presentera delresultat från sina studier. Vid workshopen 060316 genomfördes även ett grupparbete för att följa upp målsättningarna i partneringdeklarationen.

4.9 Slutsatser

Resultaten från enkätundersökningarna visar att partneringupplägget allmänt har upplevts positivt av de inblandade aktörerna. Samverkansformen bedöms av en stor majoritet bidra till att de övergripande målen arbetsmiljö, tid, funktion och ekonomi nås bättre än om projektet varit konventionellt upplagt. De aspekter/komponenter som upplevts som mindre starka i studerad enkät skall i första hand inte ses som kritik av partneringprocessen vid MK3 utan som ett bidrag (feedback) till att utveckla partneringprocessen vidare i framtida projekt. Detta är av speciellt stort intresse för LKAB i kommande upphandlingar av liknande projekt.

5 PROJEKTERING MED VR

5.1 Concurrent engineering

Den fasta industrins produktutvecklingsmetoder har gått från att vara en sekventiell kedja av aktiviteter (Systems engineering) till att bedrivas i stor utsträckning som parallella aktiviteter (Concurrent engineering). Skiftet till att bedriva en samtidig och parallell process inleddes i stor skala under 90 - talet efter att en uppmärksammas studie presenterades där man jämförde sättet som amerikanska, europeiska och japanska biltillverkare utvecklade och producerade bilar (*Womack, Jones och Ross, 1990*). Framförallt var det en biltillverkare som utmärkte sig, Toyota. Nästa alla nyckeltal var mycket bättre jämfört med amerikanska och europeiska biltillverkare, även om fabriken inte var placerad i Japan. Till exempel så utvecklades nya bilar på halva tiden och med hälften så många ingenjörstimmar och människor inblandade i projektet. Sättet som Toyota producerade och utvecklade nya bilmodeller fick epitetet *Lean production* och produktutvecklingsprocessen kallades Lean design eller *Concurrent engineering*.

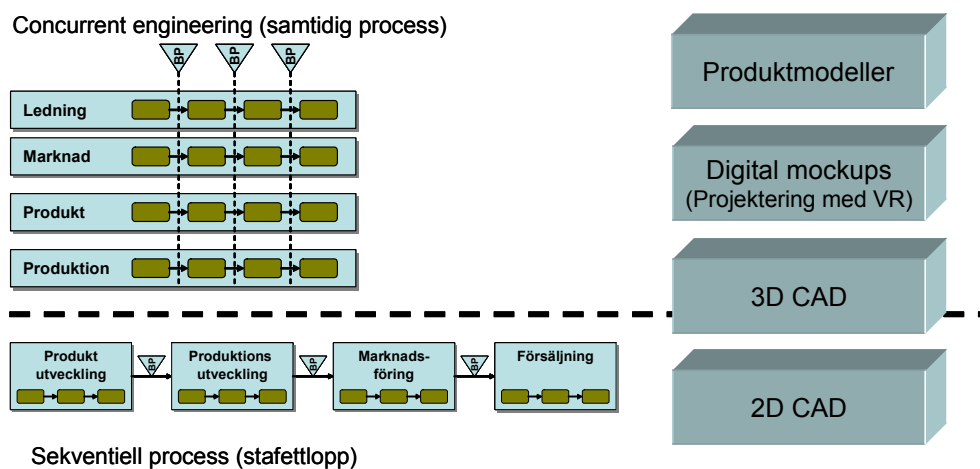
Concurrent engineering handlar mycket om samverkan i produktframtagning (design och konstruktion) genom integrerade projektgrupper. I byggsammanhang kan förfarandet benämnas projekteringspartnering med samverkan mellan beställare, entreprenörer, projektörer och konstruktörer för en samordnad och kontinuerlig kvalitetssäkring av uppställda kundmål. Det finns enligt Womack tre viktiga ingredienser i en Lean designprocess:

- Ledarskapet
- Teamwork
- Kommunikation

Concurrent engineering innebär att en mängd sekventiella aktiviteter samordnas och utförs samtidigt i tvärfunktionella team som för in mångdimensionell kunskap i projektet, t ex marknad, kaross, motor, produktionsteknik. Detta innebär en rad fördelar jämfört med en traditionell sekventiell utvecklingspro-

cess. *Det går fortare*; utveckling av t.ex. nya maskiner som skall producera delar till den nya bilmodellen kan påbörjas innan bilen är färdigdesignad. *Det blir bättre*; utvecklingen av den nya modellen blir bättre anpassad till marknad och tillverkningsprocessen vilket i sin leder till en attraktivare slutprodukt med högre kvalitet och som kan tillverkas effektivare. *Det krävs mindre resurser* när man gör rätt från början. Fel som upptäcks i en sekventiell utvecklingsprocess leder ofta till långa kedjor av designiterationer och förseningar. Personal som varit engagerade tidigt i utvecklingsprocessen har ofta lämnat projektet och kan i bästa fall kallas in för att åtgärda felet.

Samtidigt med utvecklingen av nya metoder har en mängd nya IT verktyg tagits fram för att stödja produktutvecklingsprocessen. Allt mer sofistikerade verktyg tillåter idag att produkter kan designas, testas och valideras innan den första fysiska prototypen byggs. Alternativa lösningar kan snabbt undersökas vilket leder till bättre slutprodukter. Detta har också inneburit att utvecklingen av CAD system har gått från att vara ett verktyg för den enskilda projektören (2D CAD) till att på ett mer övergripande sätt stödja och samordna produktutvecklingsprocessen (3D CAD, Digital mockups, Produktmodeller), Figur 5.1.



Figur 5.1 Produktutvecklingsmetoder och CAD verktyg

I byggsektorn sker projekteringen fortfarande till stor del enligt stafettprincipen och i 2D CAD, en produktutvecklingsmetod som bilindustrin övergav på 80-talet. Under 90-talet när *Concurrent Engineering* började användas på bred front inom bl. a bilindustrin, började produktutveckling samordnas genom s.k. digitala mockups. Det innebär att 3D CAD modellerna som utvecklas av olika designteam integreras i en eller flera VR modeller, som kan användas vid de-

signgenomgångar och kommunikation mellan olika discipliner. En effektiv kommunikation av designen är en förutsättning för att kunna jämkä och fatta beslut om förändringar som skall tillgodose ofta motstridiga funktionella önskemål.

5.2 Projekteringsprocessen i MK3

Projektering och produktion i MK3 projektet har bedrivits i stor utsträckning *concurrent*. Huvudsyftet var att korta ledtiden till färdig produkt. I förprojekteringsstadiet togs också beslutet att projektera i 3D. Digital mockups (integrerade VR modeller) skulle också användas som instrument för att kommunicera och samordna projektet mellan Bygg, Mek, Rör, Luft, El & Styr m.m.

Det första beslutet att projektera i 3D innebar risker i ett stort anläggningsprojekt. Frågan var; skulle man kunna driva projekteringen tillräckligt långt så att tillverkningsritningar skulle kunna produceras direkt från 3D modellerna. Eftersom projekteringsledningen hade erfarenhet från tidigare industrianläggningsprojekt så utarbetades ett alternativ, en plan B. Om det skulle visa sig att 3D projekteringen kom till vägs ände i ett senare skede i projektet så fanns alltid alternativet att fortsätta med traditionell 2D projektering.

För att underlätta införandet av 3D CAD rekryterades konstruktörer till projektet som hade erfarenhet av 3D modellering. Det innebar också att olika projekteringsteam, (Bygg, Mek, Rör m.m.) fick välja det 3D verktyg som de hade erfarenhet av. CAD verktyg som används i MK3 projektet är Solidworks, AutoCAD, Tekla Structures, Intergraph's PDS system, Inventor, SteelCAD, Enterprise Structural och Microstation.

Valet av projekteringsverktyg utgick alltså från projektörernas kompetens och inte från tekniska krav!

Figur 5.2 visar de projekteringsteam som i huvudsak var inblandade i delprojekt kulsinterverk. Projekteringsprocessen i MK3 hade följande prioritet:

1. Tillverkningsprocess – vald tillverkningsprocess av pellets
2. Processlayout – hänsyn till underhåll, logistik, arbetsmiljö
3. Bygg – det skal, väderskydd som omger processen

Projektering Kulsinterverk	
Projekteringssamordning: AB Jaako Pöyry	
Bygg:	BLOCO, NCC
Mekanik:	Jaako Pöyry
Rör:	SWECO
Luft:	NiTek
El&Styr:	Benima, ABB
Process:	LKAB

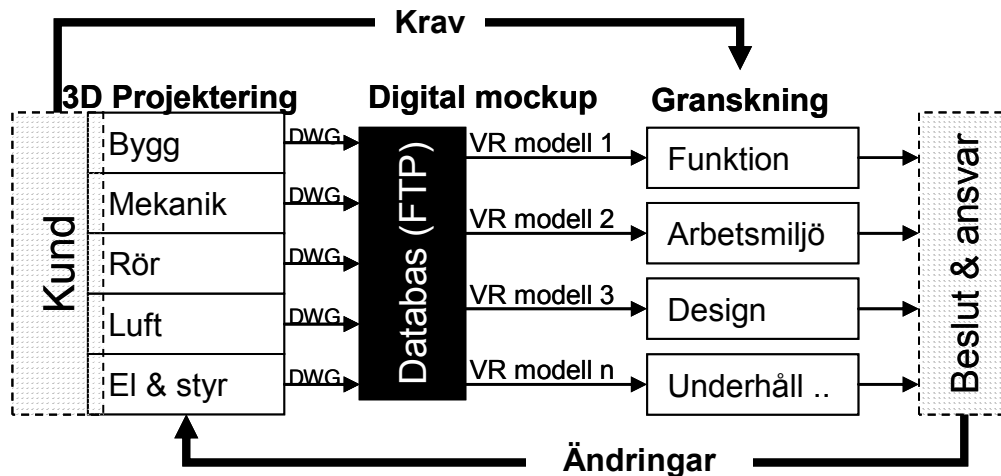
Figur 5.2 Projekteringsorganisation för delprojekt kulsinterverk

Walkinside valdes som VR plattform eftersom det hade använts i stora industriella projekt och för möjligheten att importera 3D modeller från olika CAD system, t.ex. Microstation, AutoCAD och Intergraph's PDS system. Minsta gemensamma "export/import standard" är dwg - filer, d v s det format som alla CAD program och Walkinside kan hantera.

För att kunna samordna projekteringen så använde projekteringsteamet ett gemensamt koordinatsystem. På så sätt hamnar 3D objekten från de olika CAD systemen på rätt plats när de sammanfogas i VR modellerna.

Varje designteam (Bygg, Mekanik, e.t.c) ansvarade för riktigheten i deras 3D CAD modell och att arbetsritningar (2D) som producerades av CAD verktyget var korrekta. Var 14:e dag exporterades 3D modellerna i dwg - format till en FTP server. Modellerna förbereddes och optimerades i Microstation för integration i olika VR modeller av anläggningen av en dedikerad CAD samordnare (CADdesign AB). Eftersom projekteringen av elinstallationer gjordes i 2D kompletterades modellerna med kabelstegar. Olika VR modeller (s.k. digital mockups) producerades och granskades beträffande funktion, arbetsmiljö, kollisioner i design, underhåll m.m. Upptäckta fel och brister i projekteringen rättades till och kontrollerades vid nästa granskningsmöte. Uppdaterade VR modeller fanns tillgängliga på FTP servern för alla designteam under hela projekteringsprocessen vilket underlättade samordningen av projekteringen.

Figur 5.3 visar en översikt av projekteringsprocessen av MK3s kulsinterverk.

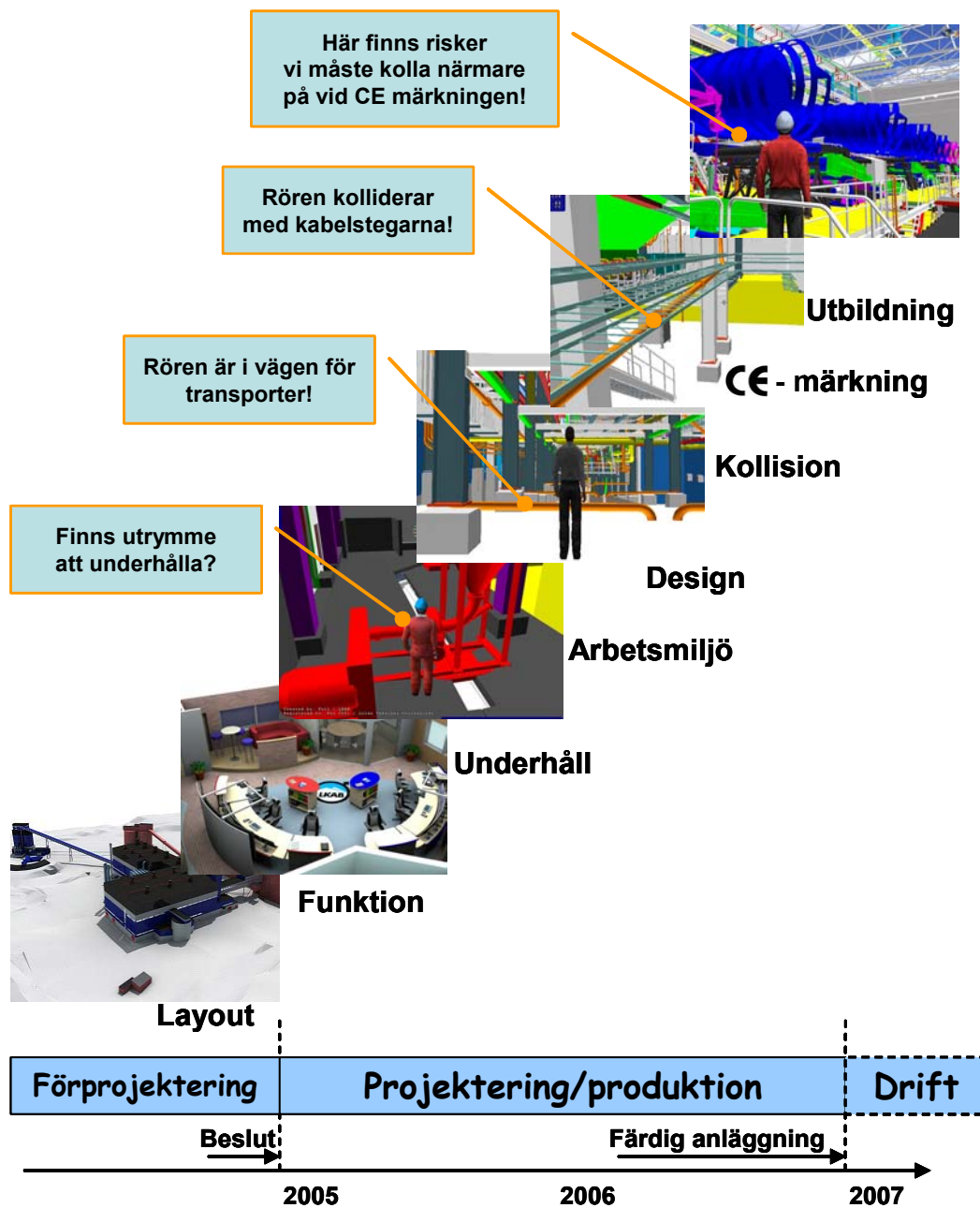


Figur 5.3 Projekteringsprocess av MK3s kulsinterverk

Användningen och nyttan av VR i MK3 projektet har varit stor enligt alla projektdeltagarna, se avsnitt 4.6. Under projekteringen och produktionen av anläggningen har VR använts för att (jfr Figur 5.4):

- Studera funktionen i anläggningen vid projekteringen av processen
- Granska anläggningen ur ett underhålls- och arbetsmiljöperspektiv
- Åtgärda fel och brister i projekteringen p.g.a. dålig design eller kollisioner mellan olika discipliner som t.ex. rör som kolliderar med kabelstegar, et cetera.
- CE-märkning, kritiska områden i anläggningen kan i förväg kartläggas vilket medför att CE-märkningen av den färdiga anläggningen kan genomföras mycket snabbare.
- Utbildning, VR modellen kommer att användas i utbildningen av underhålls och driftspersonal.

I förprojekteringsstadiet har modellerna använts för att studera layouten och varit en del i beslutsunderlag när LKAB:s styrelse tog investeringsbeslutet.



Figur 5.4. Användning av VR modeller under olika skeden av MK3 projektet.

5.3 Erfarenheter

I MK3 projektet har målsättningarna med utformningen till stor del uppfyllts. Projekteringsprocessen uppvisar också resultat som kan liknas de som Womack m.fl. fann i sin studie (*Womack, Jones och Ross, 1990*). Bland annat så framhåller projekteringssamordnaren att ett liknande projekt som har genomförts på ett mer traditionellt vis med 2D CAD sysselsatte dubbelt så många projekteringssamordnare (15 istället för 7). Ändå ansåg han att samordningsprocessen i MK3 projektet hade blivit mycket bättre.

I jämförelse med bl.a. Womacks, m.fl. (1990) beskrivning av en Lean Design kan följande jämförelse göras med MK3 projekteringsprocess:

- Ledarskap: Designprocessen har genomförts i (partnering) samverkan mellan de olika projekteringsteamerna och LKAB i projektet. Ersättningsformerna har också underlättat beslutsfattandet.
- Teamwork: Designgenomgångar och koordinering av produktframtagning tillsammans med kund har fört in mångdimensionell kunskap i projekteringsprocessen.
- Kommunikation: Användning av VR har i hög grad bidragit till en ökad och mer effektiv kommunikation av designen.

Samtidigt finns det mer att göra, speciellt när det gäller att öka samordning mellan projektering och produktionen av anläggningen. I MK3 projektet kunde man se en tydlig skillnad i målinriktning mellan projektörer och entreprenörer. Medan projekteringen var fokuserad på att uppfylla funktionskrav, dominerade tidsaspekten för entreprenörerna. Det blev speciellt tydligt i projektets senare skede när tidspressen på att ta fram produktionsritningar innebar att man inte alltid hade tid till att åtgärda mindre allvarliga kollisioner i projekteringen. Det lämnades till entreprenören att åtgärda på plats.

6 PRODUKTIONSPROCESSEN

6.1 Lean Construction

I syfte att finna nya koncept och idéer för en effektivisering av byggprocessen kan det vara intressant att jämföra byggbranschen med andra branscher som historiskt haft en bättre effektivitetsutveckling. *Lean Production* är förmodligen den mest kända produktionsfilosofin som bevisligen har resulterat i dramatiska produktivitetsvinster för de företag som lyckats anamma den. Ett bra exempel på detta är Scania AB som är en av världens mest lönsamma och effektiva lastbilsproducenter. Deras produktionskoncept SPS (*Scania Production System*) har starka influenser av Lean Thinking principer och metoder. Lean Production bygger ursprungligen på en benchmarking studie med främst Toyotas upplägg av sin fordonsproduktion kallad TPS (*Toyota Production System*). I produktionsmodeller som är influerade av Lean Thinking används funktionskrav ofta som målstyrningsinstrument. Uppfyllandet av kundkrav sker i nära samverkan mellan beställare och strategiska leverantörer. Vid t.ex. produktutveckling i TPS systemet utförs mer än hälften av utvecklingsarbetet räknat i ingenjörstimmar hos strategiska leverantörer. Upplägg av produktionen, som styrs av en strävan att öka flexibilitet och effektivitet, minska onödigt arbete et cetera, kräver ofta delaktighet och tillvaratagande av alla medarbetares kompetenser och kunskaper. Jobbrotation och vidareutbildning används i hög grad som instrument för ett organisatoriskt lärande.

Lean Construction är ett samlingsbegrepp på modeller avsedd för byggindustrin och som baseras på *Lean Thinking*. IGLC (*International Group of Lean Construction*, www.iglc.net) och LCI (*Lean Construction Institute*, www.leanconstruction.org) är två organisationer som aktivt arbetar med att utveckla Lean Thinking inom byggområdet. Av deras definitioner framgår det att Lean Construction skall baseras på idéer och koncept som genom benchmarking hämtas från annan industri som visat en uthållig god effektivitetstillväxt. Lauri Koskela har presenterat en övergripande modell för byggproduktion, den s.k. TFV-modellen (*Transformation - Flow - Value*), som idag ligger till grund för utvecklingen inom Lean Construction vad beträffar produktionsupplägg; se Figur 6.1 (Koskela 2000).

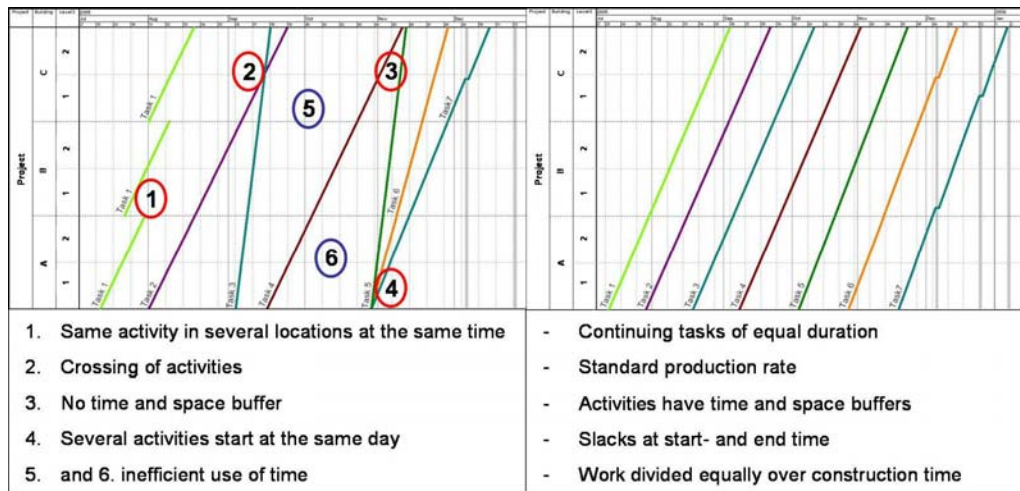
<i>Main principles</i>	<i>Associated principles</i>
Transformation view: Realize value-adding activities efficiently	Decompose the production task Minimize the costs of all decomposed tasks
Flow view: Reduce the share of non-value-adding activities	Compress lead time Reduce variability Simplify Increase transparency Increase flexibility
Value view: Improve customer value	Ensure that all requirements get captured Ensure the flowdown of customer requirements Take requirements for all deliverables into account Ensure the capability of the production system Measure value

Figur 6.1 Principer för olika produktionskoncept (Koskela 2000)

Förenklat kan transformationsteori användas till att optimera enskilda värdelänkar i en produktionskedja (*inputs* kontra *outputs*) medan flödesteori kan användas för att koppla ihop dessa värdelänkar till en hel värdekedja med så lite värdeförluster som möjligt. Värdegenereringsteori kan likaså beskrivas som ett hjälpmedel för att skapa styrning utifrån kundkrav. I *Lean Thinking* analyseras om aktiviteterna är *värdehöjande* eller *icke värdehöjande* för slutprodukten och kunden för att minimera förluster. I *Lean Construction* sammanhang är ofta flödet i fokus eftersom stora effektivitetsvinster kan fås genom jämna och samordnade aktivitetsflöden där förluster som väntetider, materialspill, mm., kan minimeras.

Ett exempel på en ”lean” produktionsplaneringsmetod är Line-of-Balance (LoB), (Kankainen, 2003 och Kenley, 2004). Till skillnad från traditionella aktivitetsorienterade metoder som t ex the Critical Path Method (CPM) fokuserar LoB på att skapa jämna och samordnade aktivitetsflöden genom olika lägen (locations) på byggsplatsen. Planering av arbetsflödet börjar med att dela upp en byggsplats i sektioner eller produktionsplatser, t ex våningsplan i huskroppar. Produktionsaktiviteter som hör till en specifik produktionsplats kan resurssättas från mängddata som är knutna till sektionen, t ex m² tak som skall målas på våning 2 i hus A. Planeringsprinciperna bygger på att synkronisera produktionen mellan olika produktionsaktiviteter i tid och rum för att minimera risken för störningar mellan olika arbetslag (undvika väntan, kollisioner, m.m.). Figur 6.2 visar exempel på LoB diagram där y-axeln är produktionsplatserna

och x-axeln tiden. De olika linjerna representerar hur olika arbetslag rör sig genom byggplatsen. Diagrammet till vänster uppvisar typiska planeringsmissar som kan generera störningar i produktionen medan i det högra har planeringen gjorts om för att åstadkomma ett jämnt arbetsflöde med ungefärligt samma produktionstakt och buffertar i tid och rum mellan de olika arbetslagen.

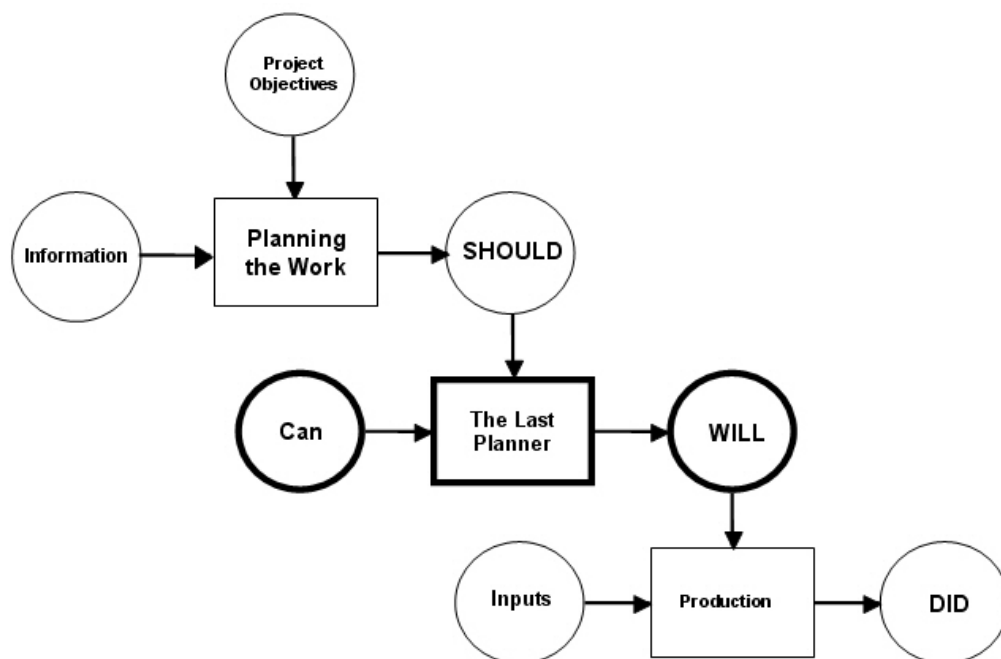


Figur 6.2 Exempel på Line-of-Balance diagram. Produktionsplatserna visas på y-axeln och tiden på x-axeln. Linjerna representerar olika arbetslag/produktionsaktiviteter. Det vänstra diagrammet visar 6 typer av planeringsmissar. Det högra diagrammet visar ett välbalanserat LoB diagram (Jongeling & Olofsson, 2006).

Line-of-Balance har också en bättre koppling till mer avancerade simuleringsmetoder som 4D modellering jämfört med traditionell CPM planering, eftersom de objekt som skall produceras i 3D modellen är geografiskt bunden till produktionsplatsen (Jongeling & Olofsson, 2006).

Ett annat exempel som bygger på principer för Lean Construction är det system för produktionsstyrning som skapats av Glenn Ballard. I *The Last planner system*, Figur 6.3, är utgångspunkten att skapa en arbetsstruktur som bygger på god samverkan och samordning mellan projektets aktörer. Metoden fokuserar på att säkerställa att alla förutsättningar är uppfyllda innan en aktivitet startas (pull) jämfört med att trycker igenom olika aktiviteter efter ett planeringsschema (push) som inte tar hänsyn till förutsättningarna som råder vid den aktuella tidpunkten. Tanken är att arbetslagen på byggarbetsplatsen skall komma i ett läge som bygger på "will do" istället för det vanliga "should do" och att aktiviteter inte startas förrän de kan genomföras effektivt med ett minimum av för-

luster. Vid uppföljning av produktion, ”*did*”, görs en utvärdering av planerade aktiviteter och till vilken grad som dom är färdigställda (PPC = Percent Plan Complete). Aktiviteter som inte är genomförda till 100 % (PPC) utvärderas och orsaken noteras. Filosofin med detta är strävan efter en högre planeringsprecision och en bättre samverkan och samordning i produktionsfasen. Utvärderingen ligger också till grund för att åstadkomma incitament för lärande och utveckling genom att ständigt mäta och förbättra processen (Ballard 2000).



Figur 6.3 Principschema av Last Planner system (Ballard 2000)

I produktionsplanering enligt metoden Last Planner kompletteras tidplanerna med detaljerade veckoplaner med 2-3 veckors framförhållning kontinuerligt under produktionen. Syftet är att planera så att nödvändiga förutsättningar för en viss aktivitet skall vara uppfyllda när väl aktiviteten är planerad att starta, d.v.s. arbetslagen på byggarbetsplatsen skall komma i läget *will do*. Enligt Koskela, (1999), så finns det viktiga förutsättningar som bör vara uppfyllda innan en aktivitet startar:

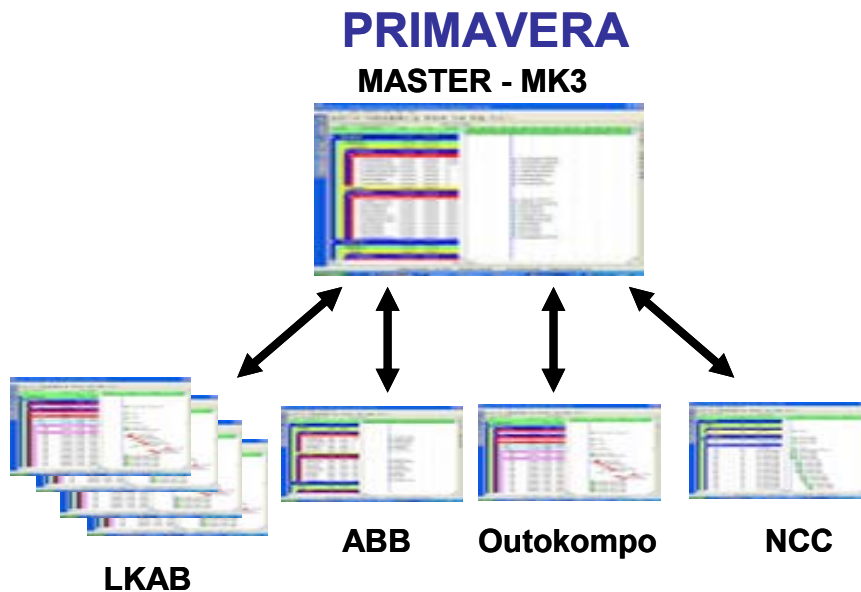
- tillgång till korrekta och felfria *konstruktionsritningar, komponenter och material* samt *personal* med rätt kompetens som kan utföra arbetet

- att *anslutande arbete* är utfört felfritt
- att *yttre betingelser* (t ex klimat, risker) och tillgång till *arbetsutrymme* och är sådant att aktiviteten kan genomföras på ett produktivt och säkert sätt.

Last Planner systemet har bl.a. använts i Danmark som ett sätt att introducera Lean Construction i byggproduktionen. Ett exempel på hur väl detta uppfattas även av byggnadsarbetarna framgår av ett föredrag som företrädare för byggnadsarbetarfacket hållit vid en IGLC konferens med titeln *A Trade Unions View of the Building Process*, (Odegard, m.fl. 2003).

6.2 Produktionsplaneringen i MK3 projektet

Produktionsplaneringen i MK3 projektet genomfördes med s.k. CPM baserat verktyg (Critical Path Method). Baserat på analyser av hur lång tid det tar att genomföra olika aktiviteter med tillgängliga resurser och hur olika aktiviteter är kopplade till varandra, så kan CPM användas för att planera och följa upp aktiviteter i ett byggprojekt. Planeringen kommuniceras vanligen visuellt i s.k. Gantt scheman. För att underlätta samordningen mellan de olika aktörerna och kopplingen av leveranser till material och komponenter till byggarbetsplatsen beslutades att all planering skulle ske i ett projektplaneringsverktyg, *Primavera Project Planner*. Figur 6.4 visar en strukturbild av planeringssystemet. Metoden bygger på att all information om projektets olika aktiviteter samlas i en gemensam databas som underlag för framtagning av önskade tidplaner. Planeringssystemet blir därigenom centraliserat och projektgemensamt.



Figur 6.4 Projektgemensamt planeringssystem i MK3 projektet

I projekt MK3 har följande mål angetts för planeringsfunktionen:

- En huvudtidplan konsolideras från alla huvudleverantörer
- Varje anläggningsdel skall planeras från design till driftsättning
- Projektsamordning ger kontroll och förståelse
- Översikt av delprojekt, system, ytor, utrustning, mm
- Utbildningsaktiviteter kopplade till införandet av system/utrustningar
- Väldefinierade strukturer för adekvat information

För att undersöka alternativa metoder för produktionsplanering och produktionssimulering av stora anläggningsprojekt har en del av produktionen visualiserats med hjälp av 4D i forskningssyfte. Produktionssimuleringen användes dock inte skarpt i MK3 projektet utan demonstrerades i efterhand för projektledningen som en möjlig teknik för att analysera och kommunicera produktionsplaner i framtida projekt. Produktionssimulering eller 4D är en spin-off när man har infört en samordnad projektering i 3D.

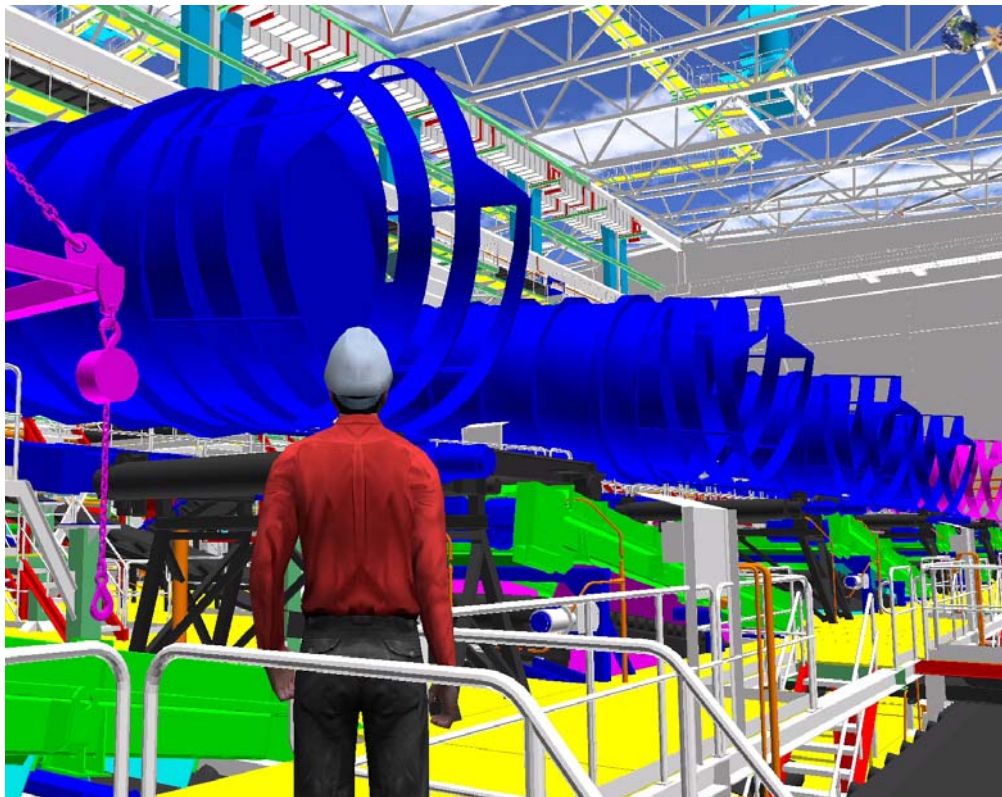
6.3 Produktionsplanering och 4D i stora anläggningsprojekt

4D modellering är ett sätt att simulera en produktionsplan genom att knyta tiden för olika produktionsaktiviteter till de objekt som skall produceras. Produktionsplanen visualiseras för att ge en bild hur arbetet fördelas i rum och tid.

På grund av projektets storlek, komplexitet och tillgång till 3D modeller beslöt styrgruppen för MK3 projektet att i forskningssyfte undersöka hur 4D kan användas i stora anläggningsprojekt. Utmaningen var att:

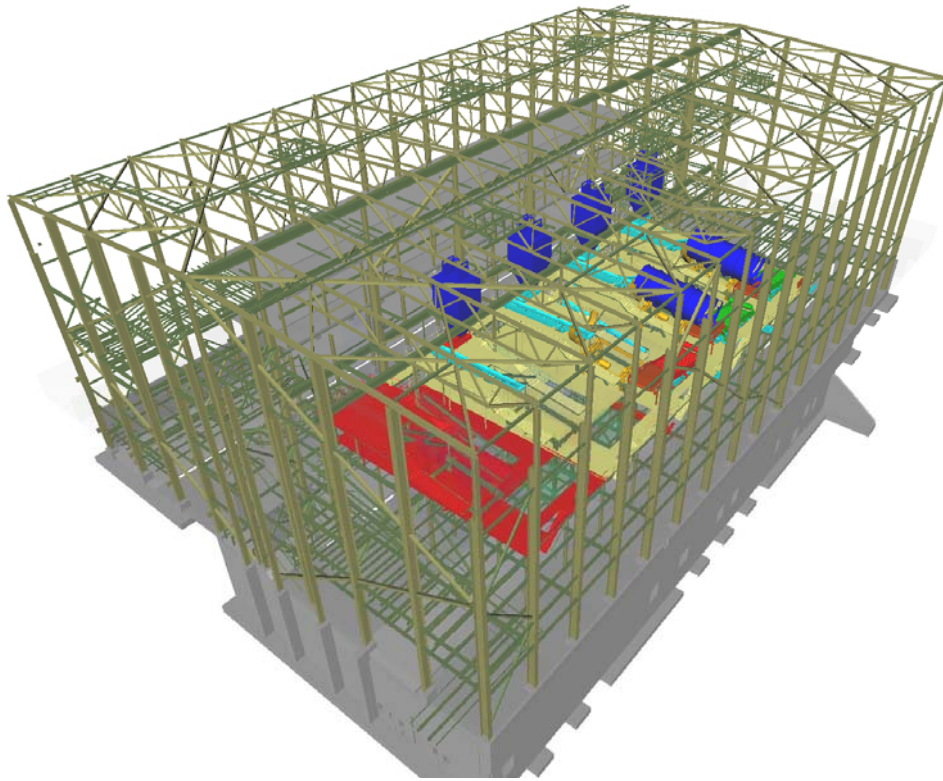
- Ta fram praktiska metoder för 4D modellering för att kunna hantera de stora informationsmängderna i MK3 projektet
- Sektionering av ett anläggningsprojekt i produktionsplatser som inte har en väldefinierad struktur (hus, våningsplan, rum, m.m.).
- Kommunicera planeringen visuellt på en övergripande nivå (makro modellering) och på en mer detaljerad nivå (mikromodellering) för analys av planerade aktiviteter.

Undersökningen fokuserades på kulsinterverkets rullhus där järnmalmsslig tas in och rullas till pellets. 3D modellen som sammanställts i CAD programmet Autodesk Inventor, bestod av ca 50 000 3D objekt. Planeringsdata som fanns tillgängliga i Gantt scheman innehöll mellan 5000-15 000 (!) aktiviteter där de flesta aktivitetsnamnen var kryptiskt beskrivna eftersom data kom direkt från olika underleverantörer. En fullständig 4D simulering av kulsinterverket ansågs alltför omfattande för syftet med 4D demonstrationen. Därför koncentrerades arbetet på att göra två 4D modeller av monteringen av kulsinterverkets rullsektion. Denna sektion bestod av 5 rulltrummor med tillhörande transportband och processutrustning där ett antal underentreprenörer var inblandade i monteringsarbetet, se Figur 6.5. För att få en bättre koppling mellan planering och 3D modellerna användes Graphisoft Control för att skapa planeringsunderlaget för 4D modelleringen.



Figur 6.5 Rullsektionen i kulsinterverket kalla del, från VR programmet Walkinside.

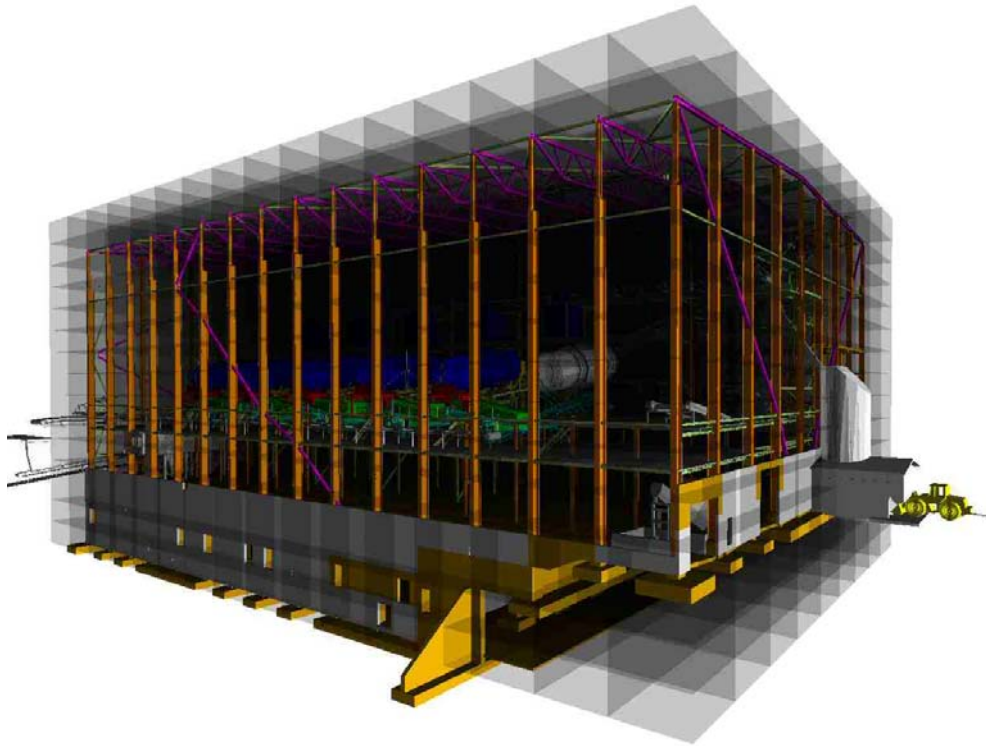
Makromodellen gav förutom en övergripande simulering av rullsektionen en grov bild av montaget av den bärande stålkonstruktionen, . Simuleringen av makromodellen gjordes enligt traditionell 4D teknik där olika objekt/komponenter kopplades till tidplanen för projektet. Objekten som visualiseras färgläggs också för att ange vilken underentreprenör som utför arbetet eller status på arbetet, t ex rött för pågående arbete, grått för färdigmonterat. Makromodellen som visualiserar arbetsflödet efter en huvudtidplan för rullhuset syftar till att bättre kunna planera, kommunicera och koordinera arbetet och leveranser till byggarbetsplatsen mellan entreprenören, leverantörerna och underentreprenörerna. Figur 6.6 visar en ögonblicksbild av makromodellen där färgerna **blått**, **ljusblått** och **rött** symboliserar pågående arbeten som utförs av olika underentreprenörer.



Figur 6.6 En ögonblicksbild av makromodellen i Ceko Viewer. Röda, blå och ljusblå områden symboliserar pågående arbeten som utförs av olika arbetslag/ underentreprenörer.

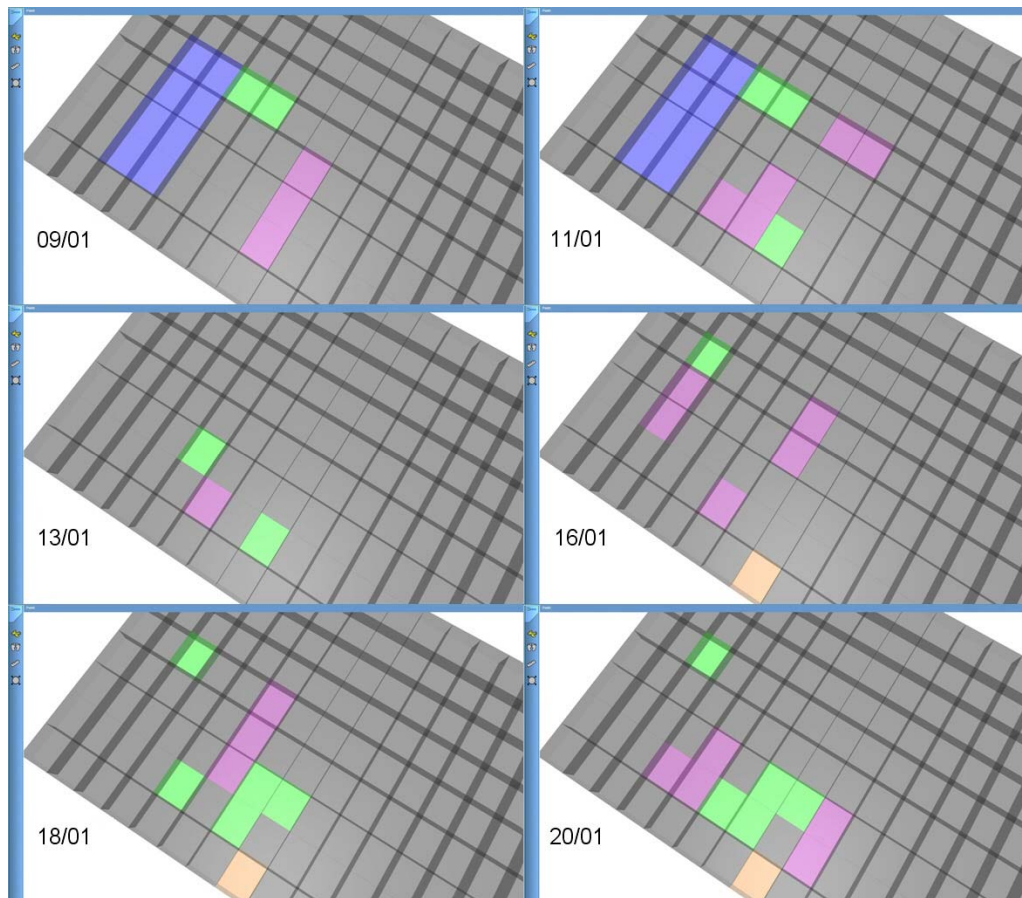
Mikromodellen konstruerades i syfte att demonstrera möjligheterna att utnyttja 4D tekniken för att detaljera planeringen och utöka analysmöjligheterna.

Modellen av kulsinterverket utökades med rumsobjekt (volymer) för att undersöka möjligheten att med 4D analysera och planera arbetet utifrån perspektivet tillgång på *arbetsutrymme*. Eftersom kulsinterverket inte har någon naturlig indelning i våningsplan och rum så gjordes en indelning efter stomlinjenätet. Detta innebär att minsta arbetsutrymme som kunde tilldelas en aktivitet blev $7 \times 7 \times 7 \text{ m}^3$, se Figur 6.7.



Figur 6.7 Modellen av kulsinterverket kompletterad med rumsobjekt (färgad transparent gråa) som avgränsas av stomlinjenätet

Mikromodellen gjordes för att simulera en 3 veckors planering av monteringsarbetet av rullsektionen. Efter att konsulterat planeringsansvariga för monteringsarbetet i rullsektionen kompletterades mikromodellen med utrymmeskrav för de olika arbetslagen. Figur 6.8 visar en sekvens av hur arbetslagen rör sig genom rullsektionen från den 9/1 till den 20/1 2006 och vilket arbetsutrymme monteringsarbetena kräver. För att underlätta förståelsen och analysen av tillgången på arbetsutrymme visas bara rumsobjekt medan att andra 3D objekt har släckts ut. Utrymmen som arbetslagen använder representeras av färgade rumsobjekt. Grå rumsobjekt visar lediga utrymmen.



Figur 6.8 Visualisering av ockuperade arbetsutrymmen i rullsektionen mellan den 9/1 till den 20/1. Blå – stålmontage, grön - installation av processutrustning, lila - installation av bandtransportörer samt gul – elektriska installationer

Ett antal planeringsmissar upptäcktes när 4D mikromodelleringen gjordes. Till exempel, identifierades ett antal tillfällen när två eller fler arbetslag var tvungna att dela på samma arbetsutrymmen. Vi kan också se att den 20/1 är en del av det *gröna* arbetslaget omgivna av andra arbetslag vilket kan ge störningar i produktionen när komponenter och material skall transporteras till och från de olika arbetsutrymmena.

Medan makromodellering ger en översiktlig presentation av arbetsflödet på byggarbetsplatsen så kan mikromodellering ge en detaljerad bild av hur arbetsutrymmen fördelas och används av olika arbetslag. Planerare kan också identi-

fiera lediga utrymmen som kan användas vid omplanering, lagring av material och komponenter eller uppställning av utrustning.

En utförligare beskrivning av 4D makro- och mikromodellering ges i artikeln *A method for macro- and micro-management of work-flow by combined use of location-based scheduling and 4D CAD*, (Jongeling & Olofsson, 2006). Där beskrivs också hur de olika modellerna konstruerades (makro och mikro) samt vilka mjukvaror som användes.

6.4 Erfarenheter

Erfarenheter och observationer av den projektgemensamma planeringen, Primavera Project Planner, produktionen och 4D modelleringen i MK3 projektet kan summeras i följande punkter:

- Inkörningstiden för att utbilda och introducera planeringsverktyget Primavera i projektet har varit lång och måste beaktas i det fall att verktyget skall användas av personal som inte har tidigare erfarenhet av att använda systemet
- Systemet har efter inkörningsperioden fungerat bra för att samla och koordinera planeringsinformation från olika strategiskt viktiga leverantörer till projektet.
- Vid uttag av olika typer av planeringsinformation som t.ex. deltidplaner från systemet finns det risk att dessa görs onödigt detaljerade. Avnämaren kan uppleva att planeringen är alltför detaljstyrd vilket minskar frihetsgraderna i produktionen. Initiativ och förslag på produktionsmetoder som kan förbättra produktiviteten hämmas. Det är också lätt att hamna i situationer där man trycker igenom produktionen efter tidplanen även om förutsättningarna för ett produktiv genomförande inte är uppfyllda (*push* istället för *pull*).
- I MK3 projektet var planeringen centraliserad. Det finns en risk för informationsmissar och att individrelaterad kunskap i de olika produktionslagen ej tas tillvara. Lärandet och strävan efter ständiga förbättringar kan också hämmas om uppläggning och uppföljning av produktionen inte förs ut till arbetslagen.
- För att korta produktionstiden har så mycket som möjligt förtillverkats. Till exempel så har transportbanden monterats ihop i Estland i sektioner

som kan transporteras med lastbil. Här har också VR modellerna använts för att kontrollera att det finns utrymme att lyfta in sektionerna i anläggningarna.

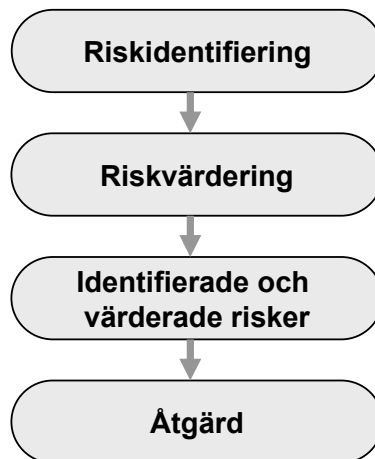
- Bristen på lyftkapacitet när väl taket monterats på de olika anläggningarna har varit en av flaskhalsarna i produktionen. Eftersom lyftkranar inte kan användas i lika stor utsträckning när taket monterats har komponenter och material transporterats ofta långa sträckor med hjälp av flera traverser. Det har också inneburit en del störningar när transportvägarna har korsat områden där arbeten pågår i anläggningen
- Fördelningen av resurser över tiden har varit baktung, d v s antal pågående byggarbeten/arbetslag koncentreras mot slutet av projektet. Det är en vanlig företeelse i byggprojekt speciellt när tiden är kritisk. Det medför dock en del risker för kollisioner och sämre produktivitet när olika arbetslag skall tävla om samma arbetsutrymmen.

7 HANTERING AV RISK OCH OSÄKERHET

7.1 Teori

Det finns idag ingen entydig definition av begreppet risk eller osäkerhet. Normalt så definieras en projektrisk i ett byggprojekt som en kombination av sannolikheten för en händelse och dess konsekvenser för projektmålen (Flanagan & Norman, 1993). Denna definition är välkänd inom risk management och är av vana starkt kopplad till hot. Den traditionella metoden för att hantera risker består av, identifiering av risker, värdering av risker samt åtgärder för att minimera riskerna i projektet, Figur 7.1.

Riskhanteringsprocess



Figur 7.1 Traditionell riskhanteringsprocess

En osäkerhet är däremot mer kopplad till vår oförmåga att förutsäga framtiden och kan både innebära hot och möjligheter. Enligt Chapman och Ward (2003) och the Project Management Institute (Wideman, 1992) så behövs en bättre balans i betraktelsen av hot och möjligheter i all hantering av risker och osäkerheter.

7.2 Risk och osäkerhetshantering i MK3 projektet

Studien är baserad på intervjuer av några nyckelpersoner som representerande projektledning, projekteringsprocessen och projekteringssamordning samt produktionen av kulsinterverket. Intervjuerna varade 1-2,5 timmar. Utvärderingen av hantering av risker och osäkerheter i MK3 projektet är baserat på följande definitioner:

- En risk är en händelse som kan orsaka att projektmålen vad gäller tid, funktion och ekonomi inte uppfylls, jmf Flanagan & Norman (1993). Hanteringen görs normalt i en traditionell riskhanteringsprocess.
- Hantering av osäkerheter är mera relaterad till förmågan att förutse och hantera konsekvenser som beror på t ex koordination, fel och spridningen i det dagliga arbetet med design, planering och produktion.

Risker och osäkerheter har hanterats på olika organisationsnivåer i MK3 projektet. Schematiskt kan hanteringen av risker och osäkerheter beskrivas på följande sätt:

- På projektledningsnivå har en riskgrupp bestående av kund och de aktörer som ingår i partneringsamarbetet ansvarat för identifiering, värdering och fördelning av ansvar för risker som kan orsaka att de övergripande projektmålen inte nås.
- På en lägre organisationsnivå (delprojektnivå) har hantering av risker och osäkerheter fördelats operativt så att:
 - Funktionella risker/osäkerheter som påverkar produktionskapaciteten, underhåll och arbetsmiljö i drift har främst hanterats i projekteringen.
 - Risker i tid och ekonomi har operativt hanterats av inköps- och planeringsorganisationen.
 - Osäkerheter och störningar i produktionen av anläggningen har hanterats av blockcheferna.

Det har inneburit att riskgruppen som hanterat riskerna på en övergripande nivå har varit mest aktiv i projektets tidiga skeden när huvudlinjerna för layouten fastställdes. Analysarbetet har i stort följt en traditionell riskhanteringsprocess:

- Riskidentifiering; riskerna som bedöms påverka funktion (främst produktionskapacitet), tid och ekonomi identifieras.
- Riskanalys; identifierade risker analyseras och utvärderas mot uppsatta mål och konsekvensen graderas i tre nivåer, liten, medel respektive hög grad.
- Om sannolikheten och konsekvensen bedöms vara tillräckligt stor förs risken in på en lista av risker som skall hanteras i projektet.
- Åtgärden består av att utse vem som har ansvaret för risken, möjligheter att förebygga och minimera risken samt åtgärder ifall händelsen skulle inträffa.

På lägre organisationsnivåer sker den operativa hanteringen av identifierade risker men i än högre grad hanteringen av osäkerheter i projektet. I projekteringen av anläggningen finns risk/osäkerhetshanteringen integrerad i "concurrent engineering" processen:

- I projekteringen sker en identifiering av risker för funktion och kollisioner mellan olika designteam kontinuerligt m h a 3D och VR.
- Konsekvenser av identifierade risker och kollisioner analyseras.
- Om risken bedöms stor förs den upp på projekteringssamordnarens åtgärdslista
- Ansvaret för att minimera riskerna och åtgärda felen på listan distribueras till respektive designteam vid designgenomgångar var 14 dag. Åtgärdena följs upp vid nästa möte.

Om förändringarna i designen bedöms påverka de övergripande målen så kan ärendet remitteras till den partsammansatta riskgruppen för projektet. Nyttan av 3D projekteringen och VR modelleringen har varit stor för identifiering av risker och kollisioner i projekteringen.

Risker och osäkerheter i tid och kostnader har främst hanterats genom:

- Införande av ett gemensamt tidplaneringssystem (Primavera)
- Gemensamma upphandlingar/inköp av kund och huvudentreprenör i partneringsgruppen

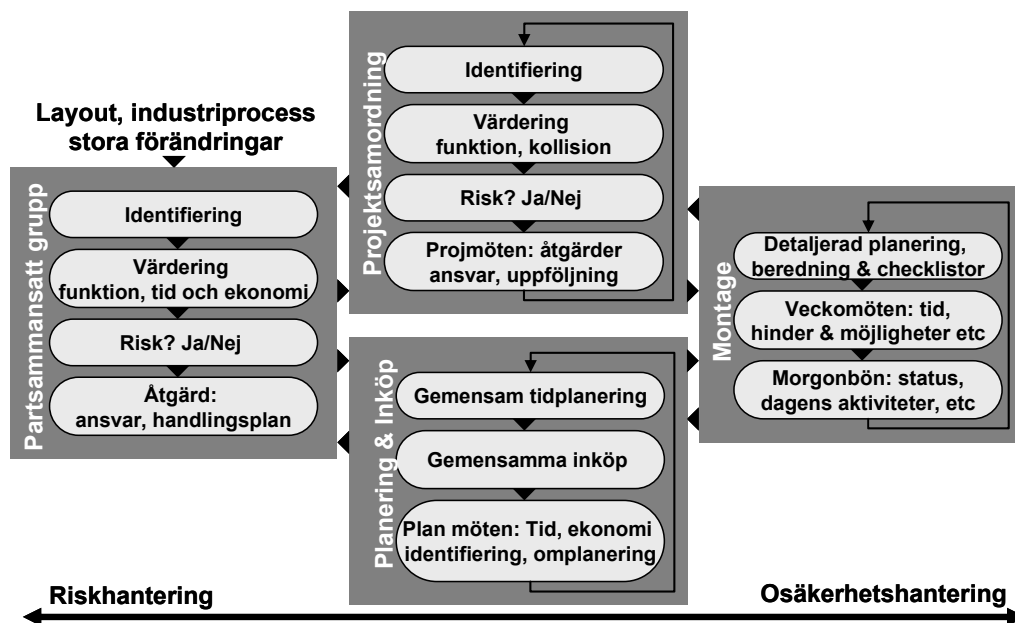
- Möten var fjortonde dag för planering och projektuppföljning

Osäkerheter i produktionen/montaget har hanterats genom:

- En mer detaljerad tids- och arbetsplanering
- Checklistor
- Veckomöten för tidplan, pågående/kommande arbeten, handlingar, hinder, störningar och möjligheter, lyftplan.
- Morgonbön: Kort avrapportering av status för respektive montageteam. Beslut om nödvändiga förändringar för dagen.

På denna nivå är identifiering, utvärderingen och hantering av risker mer beroende på individerna och deras erfarenheter än formella system för riskhantering. Det blir mer en fråga om att hantera osäkerheter än kontrollera risker i projektet.

Figur 7.2 visar en översiktlig bild av risk och osäkerhetshanteringen i MK3 projektet.



Figur 7.2 Hantering av risker och osäkerheter i MK3 projektet

7.3 Erfarenheter

Sammanfattningsvis kan konstateras att risker och osäkerheter i MK3 projektet hanterats på två sätt:

- En formell process för att identifiera, värdera och fördela ansvar för att hantera projektövergripande risker har använts i projektets tidiga skeden. Denna process som väl överensstämmer med vad som rekommenderas hade till syfte att kontrollera identifierade risker i projektet
- I senare skeden övergick denna process i en kontinuerlig informell hantering av osäkerheter som är integrerad i det dagliga arbetet. Denna process har till uppgift att minimera risker och osäkerheter men även att ta vara på möjligheter som uppstår i projektering, planering och produktion.

Denna observation är i linje med vad andra har rapporterat och ganska naturlig med tanke på att beslutsfattandet decentraliseras när projektorganisationen växer (Chapman & Ward 2003, Jaafari 2001).

För att detta skall fungera krävs att organisationen är öppen för att hantera och dela på risker och osäkerheter genom hela projektet. Partneringsamverkan och processupplägg har skapat öppenhet och förtroende där osäkerheter och risker kunnat lyftas fram och åtgärdas. Projekteringsprocessen med 3D och VR modellering har också varit till stor hjälp i denna process att tidigt identifiera och åtgärda risker och osäkerheter i utformningen, speciellt med tanke på projektets snäva tidsram.

Osäkerhetshanteringen i projektet har i hög grad varit informell vilket medför att den är beroende på individers erfarenheter, riskmedvetande och målinriktning. Detta kan leda till "ad hoc" beslut och bristande kommunikation mellan de olika grupperingarna (projektering, planering, produktion). Ett exempel på en sådan situation var när projektörerna inte hann åtgärda mindre allvarliga kollisioner i projekteringen innan produktionsritningarna lämnades över till produktionen. Entreprenörernas fokusering på tid och projektörernas målinriktning på funktion ledde till en målkonflikt där projekteringssamordnaren fick ta ett snabbt beslut om vilka kollisioner som skulle lämnas till entreprenören att åtgärda på plats. En utförlig beskrivning av risk och osäkerhetshanteringen i MK3 projektet ges också i Simu & Woksepp (2006).

8 DISKUSSION OCH SLUTSATSER

8.1 Upphandling av MK3

Vid tidpunkten för investeringsbeslutet för kulsinterverket MK3, som är det första i en rad av planerade stora investeringar, var LKAB i en situation där man hade dragit ner egna projekterings- och projektledningsresurser efter att ha genomfört stora investeringar under 1990-talet. I det läget var det en strategiskt viktig beslutsfråga för företagsledning och styrelse hur MK3 projektet skulle styras och organiseras för att säkerställa projektets höga målsättningar beträffande tid, funktion och ekonomi. Dessutom är projekt av typen MK3 ofta dynamiskt till sin natur (kort ledtid, snabba informations- och kommunikationsbehov), tekniskt och administrativt komplext och med många risker och osäkerhetsfaktorer som måste hanteras kontinuerligt under projektiden.

Valet av upphandlingsmodell bestämmer möjligheterna för en byggherre att styra projektets processutformning i syfte att uppnå ställda målsättningar. Det är i grunden ett val mellan detaljstyrning eller målstyrning. Valet av genomförandeform (generalentreprenad, totalentreprenad, et cetera) bestämmer ansvarsfördelningen, valet av ersättningsform påverkar i hög grad samarbetsklimatet mellan aktörerna (öppenhet, förtroende, strävan att nå gemensamma mål, m.m.) och valet av samverkansform bestämmer strukturen för hur samarbetet skall bedrivas. Förenklat kan det sägas att byggherrens val av upphandlingsform bestämmer *spelplanen och spelreglerna* för projektet.

LKAB har för projekt MK3 valt att söka samverkanslösningar för att med begränsade egna resurser kunna följa upp och påverka projektets funktionsutformning, tid för genomförande samt projektets investeringskostnader. Sålunda har byggprojekt delen av MK 3 upphandlats med transparent ersättningsform och strukturerad samverkansform, typ partnering. Genomförandeformen är totalentreprenad (ABT 94) där byggentreprenören ansvarar för detaljprojekteringen. Till huvudentreprenör på byggdelen och med samordningsansvar även för installationsfasen av separat upphandlade processdelar har valts NCC.

Enligt de resultat från genomförda studier som redovisas i denna rapport anser en stor majoritet av i projekt MK3 medverkande beställar-, entreprenörs- och

konsultrepresentanter att valet av upphandlingsmodell med klar samverkansprofil för projektet varit lyckad. En majoritet anser också att detta varit av avgörande betydelse för att kunna nå projektets målsättningar beträffande funktion, tid och ekonomi.

Bland de fördelar som upphandlingsmodellen medfört är att samarbetsklimatet mellan aktörerna upplevts som bättre än vid konventionellt upphandlade projekt. Detta har ett egenvärde i sig men är framförallt en nödvändig förutsättning för att kunna nyttja strategiska viktiga kompetenser och kunskaper på ett effektivt sätt för att projektets målsättningar skall säkerställas. Effekterna av det goda samarbetsklimatet är speciellt tydliga i det sätt projekteringen av anläggningen kunnat bedrivas (*Concurrent engineering*). Enkätundersökningarna beträffande samverkansklimatet visar på genomgående höga betyg som gradvis ökar under projektiden.

8.2 Processdesignen i MK3

Utvärderingen av samverkansform och processdesign i MK3 projektet har baserats på *Seven Pillars of partnering* (Bennet, J., Jayes, S., 1998). Denna modell ger en bra grund för att analysera hur de olika komponenter (*pillars*) som erfarenhetsmässigt visat sig betydelsefulla i ett partneringprojekt beaktats i ett aktuellt projekt som MK3. Detaljutformningen av komponenter skall projektanpassas eftersom partnering främst är ett redskap för att strukturera samverkansprocesserna i projektet. Därför skall utvärderingen av MK3 projektet närmast ses som en analys av styrkor och svagheter, (*swotanalys*), i avsikt att fånga upp erfarenheter och ge råd för en fortsatt utveckling av samverkansprocesser.

Upphandlingen styr genom valet av genomförande-, ersättnings- och samverkansformer ramar och inriktning för processdesignen. Med processdesign menas i allmänhet projektets organisation, samverkan, styrformer och strukturer (projektprocesser som projektering, planering och produktion). Om upphandlingen bestämmer *spelplan och spelreglerna* så ger processdesignen *taktiken* för spelarna i projektteamet att nå projektmålen.

Krav på kortare ledtider, bättre kvalitet och lägre kostnader skapar ett behov av att förändra organisation av projektering och produktion från en sekventiell kedja av aktiviteter till att bedriva flera processer parallellt. För att tillgänglig kompetens och kunskap skall används på ett konstruktivt sätt krävs att processerna integreras genom ett tvärfacklig och flerdimensionellt samarbete mellan byggherre, konsulter och entreprenörer. Därmed uppnås en av grundmålsätt-

ningarna för partnering; att skapa mervärde för alla genom en effektiv och målinriktad strukturell samverkan mellan parterna.

Processupplägget Concurrent Engineering och samverkansklimatet i MK3 projektet har utvecklats på ett bra sätt och tydliga resultat kan i första hand observeras i produktdesignen (projekteringen) och de positiva omdömen som enkätundersökningen gav. En del av aktörerna i projektet tycker att samverkan kunde ha förbättrats ytterligare genom att bredda partneringgruppens sammansättning (*fler partners*) samt att fler personalkategorier (kollektivanställda) skulle ha varit involverade i informations-, teambuildings- och utbildningsaktiviteterna.

I MK3 projektet har IT-systemen använts på ett integrerat och processtödjande sätt. Speciellt har användningen av 3D och visualisering av designen med VR fått goda vitsord i denna studie. VR har på många sätt underlättat kommunikation av information i projektet och möjliggjort att värdefull kunskap kunnat tas tillvara från aktörer som inte har så stor erfarenhet av att läsa och förstå tvådimensionella ritningar, exempelvis från drifts- och underhållspersonal. VR modellerna har också fungerat som ett effektivt besluts- och samordningsstöd i projektet så att konstruktionslösningar kunnat kvalitetssäkras med minskad risk för ombyggnationer och förluster i funktion, tid och ekonomi.

Kombinationen samverkan, transparens och förtroende som upphandlingsmodellen lagt grunden för har inneburit att även stora förändringar i layout i syfte att ytterligare förbättra funktionaliteten i anläggningen kunnat genomföras relativt sent i projektet. Detta hade med stor sannolikhet inte gått att praktiskt genomföra vid en konventionellt utformad byggprocess.

Samverkan i produktionsupplägget har främst gällt upphandling av externa resurser (underentreprenader, materialleveranser, m.m.), arbetsmiljö och planering av byggproduktionen. Upphandlingar till projektet har gjorts i samråd mellan LKAB och NCC. Arbetsmiljöarbetet har haft hög prioritet i projektet och har även kvalitetssäkrats genom ständiga förbättringar och uppföljningar. Planeringsarbetet för byggproduktionen har baserats på det projektgemensamma planeringssystemet Primavera. Vissa problem med att få adekvat och behovsanpassad leverans av tidplaner har förekommit speciellt när planeringssystemet introducerades. Detta beror främst på att det tog tid (ca 6 månader) för att lära upp personal och anpassa användningen av systemet till projektet.

Partnering, 3D CAD inklusive VR samt införandet av ett projektgemensamt planeringssystem är de mest märkbara och lyckade exemplen på innovationer i

MK3 projektet. Däremot så har inte det allmänna innovationsklimatet upplevts som helt tillfredsställande. Det kan ha sin grund att det har saknats en aktiv strategi för att uppmuntra medarbetare till att ge förslag till förbättringar. Det kan också bero på ett kulturellt och organisatoriskt motstånd att föra in nya idéer i ett projekt där en av förutsättningarna var att det skulle bygga på *beprövad teknik*. En innovation behöver inte vara *obeprövad*, den skall bara vara ny för den aktuella organisationen för att klassas som sådan. Ett gott innovationsklimat uppmuntrar också hela organisationen till ett ständigt förbättringsarbete. Erfarenheten har visat att de är de många små förbättringarna som oftast ger det bästa resultatet.

En formell partsammansatt grupp har använts för att identifiera, värdera och fördela ansvaret för projektövergripande risker. Denna riskhanteringsprocess överensstämmer väl med vad som ofta rekommenderas och som har till syfte att kontrollera tidigt identifierade risker i projektet. I senare skeden har denna process övergått i en kontinuerlig informell hantering av osäkerheter som är integrerad i det dagliga arbetet. Denna process har till uppgift att minimera risker och osäkerheter men även att ta vara på möjligheter som uppstår i projektering, planering och produktion. Förutsättningar för denna process är ett öppet klimat, samverkan och kommunikation. Partneringsamverkan och processupplägg har skapat öppenhet och förtroende där osäkerheter och risker kunnat lyftas fram och åtgärdas. Projekteringsprocessen med 3D och VR modellering har också varit till stor hjälp i denna process att tidigt identifiera och åtgärda risker och osäkerheter i utformningen, speciellt med tanke på projektets snäva tidsram. Osäkerhetshanteringen i projektet har i hög grad har varit informell vilket medför att den är beroende på individers erfarenheter, riskmedvetande och målinriktning. Det har också lett till en del mindre målkonflikter speciellt mellan projektering och produktion.

8.3 Slutsats

Sammanfattningsvis kan konstateras att upphandling, processdesignen och genomförandet av MK3 projektet har varit lyckad, mycket beroende på den goda och strukturerade samverkan som skapats mellan beställaren LKAB, huvudentreprenören NCC och de för projektet strategiska konsultföretagen Jaakko Pöyry, WSP och Bloco. De IT-stödsystem, speciellt 3D modellering och VR som kommunikationsnav i projekteringen har på många sätt bidragit till att skapa mervärde för kunden och minska byggfelen i produktionen. Enbart besparingarna i en effektivare projektsamordning torde ha bekostat investeringen i 3D och VR med råge.

Det avgörande beviset på framgång är hur målsättningarna som sattes upp i början av projektet har kunnat förverkligas. Därvid har främst målen beträffande funktioner (produktkvalitet, produktionsvolym, m.m.) enligt samstämmiga uppgifter från LKAB överträffat förväntningarna hitintills. Anläggningarna var i kommersiell drift under Dec 2006 vilket, med hänsyn till stora tillkommande arbetsmängder och till de layoutförändringar som genomförts, måste betraktas som en kort ledtid från layout till en kommersiell produktionsanläggning.

Till sist, enligt partneringdeklarationen skall MK3 fungera som referensprojekt för att:

”utveckla samarbetsformer som blir tongivande för framtida projekt”

De områden och processer som relativt sett, fått mindre bra kritik bör därför betraktas som konstruktiv och visa på utvecklingsmöjligheter i framtiden. Det viktiga är att få igång en process med erfarenhetsåterföring och ständiga förbättringar så att nästa projekt kan starta från nivån som MK3 projektet etablerade. Ständiga förbättringar är det mantra som driver effektiviseringsprocesserna i många världsledande företag. Det är också ett centralt begrepp i Lean influerade produktionskoncept som t ex Toyota Production System och Scania Production System. En bra grund och katalysator för ständiga förbättringar fås genom ett målinriktat innovationsarbete. Det handlar sällan om nya omvälvande systemskiften, utan om ett medvetet och aktivt sökande efter många små förbättringar och nya tekniska och administrativa lösningar som gör att tillgängliga resurser kan användas effektivare för att skapa mervärde eller kortare formulerat: *jobba smartare inte hårdare*.

9 REKOMMENDATIONER

De rekommendationer som författarna till denna rapport vill ge baseras på resultaten från studien av MK3 projektet. Utgångspunkten är att resultaten från MK3 projektet är imponerande goda och ger en bra grund för en fortsatt utveckling av samarbetskonceptet som etablerats för att hantera stora strategiska investeringsprojekt inom LKAB i framtiden. Denna modell kan naturligtvis också tillämpas av andra byggherrar som står inför liknande utmaningar.

- I framtida projekt bör man sträva efter att utöka partneringgruppen för att tillföra fler strategiska kompetenser i en närmare samverkan.
- I ett längre perspektiv bör långsiktiga relationer mellan en större grupp av strategiska leverantörer eftersträvas, s.k. *strategisk partnering*, för att tillföra kompetens och resurser för genomförande av strategiska investeringar. Detta kan liknas vid skapandet av ett *virtuellt företag*, *LKAB-Partners AB* med såväl mjuka som hårda uppgifter:
 - att säkerställa behovet av strategiska resurser för LKAB
 - att tillföra en *organisatorisk* samverkansanda (*vi på LKABPartners AB*) som ytterligare förstärker samarbetsklimatet
 - säkerställa en *organiserad* erfarenhetsåterföring från projekt till projekt som det virtuella företaget genomför samt att förbättra innovationsarbetet
- Alternativa metoder för produktionsplanering (Line of Balance) och produktionssimulering (4D) kan skapa bättre förutsättningar för ett jämnare och mer produktivt resursflöde. Det ger också en starkare koppling mellan 3D projektering och produktion. 4D skapar också en bra visuell kommunikation av produktionsaktiviteternas utsträckning i tid och rum (makromodellering) samt möjlighet att analysera fördelningen av arbetsutrymmen mellan olika arbetslag (mikromodellering). Rätt använd kan 4D kan tillföra likartade samordningsvinster i produktionen som VR tekniken gav för projekteringen av MK3 projektet.

- Alternativa metoder för produktionsstyrning, förslagsvis Last Planner, kan användas för att få bättre styrning och kontroll av produktionen. Last Planner metoden uppmuntrar också ett ständigt förbättringsarbete genom att ta hänsyn till förutsättningarna för ett produktiv genomförande och genom att systematisk följa upp och lära av tidigare erfarenheter. Last Planner metoden för också ut den dagliga planeringen och erfarenhetsåterföringen till basnivån och ger större delaktighet i processen även för yrkesarbetarna.
- Incitamenten för målstyrning skapar starka drivkrafter för aktörerna. Det är viktigt att incitamenten för aktörerna fördelas så att rätt balans uppnås mellan olika mål, t ex funktion, tid och ekonomi.
- Lean Thinking influerade koncept för styrning av produktion bör övervägas att bli införda på ett strukturerat sätt för att förbättra innovationsarbetet, få ett integrerat kvalitetsarbete (*rätt från mig* anda) och ett systematiskt arbete med ständiga förbättringar.

10 REFERENSER

Ballard, G. (2000), *The last planner system of production control*, Doctoral Thesis, Faculty of Civil Engineering, The University of Birmingham, UK

Bennet, J., Jayes, S. (1998), *The seven Pillars of Partnering*, Tomas Telford London

Chapman, C. and S. Ward, (2003) *Project risk management: processes, techniques and insights*. 2nd edition 2003, Chichester: Wiley.

Flanagan, R. and G. Norman, (1993) *Risk Management and construction*, Oxford: Blackwell Scientific Publications.

Jaafari, A., *Management of risks, uncertainties and opportunities on projects: time for a fundamental shift*. International Journal of Project Management, 2001. **19**(2)

Jongeling, R. and Olofsson, T. (2006). *A method for macro- and micro-management of work-flow by combined use of location-based scheduling and 4D CAD*. Submitted to Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering.

Kenley, R. (2004) Project micromanagement: practical site planning and management of work flow. in Bertelsen, S., Formoso, C.T. (Ed.) *IGLC-12, 12th Conference of the International Group for Lean Construction*. Helsingor, Denmark

Koskela, L. (1999) *Management of Production in Construction: A Theoretical View*. IGLC 7: Proceedings of the Annual Conference of the International Group for Lean Construction. University of California, Berkeley, CA, USA

Koskela, L. (2000), *An exploration towards a production theory and its application to construction*, VTT-Technical Research Centre of Finland, Espoo, Helsinki University of Technology, Finland

Toolanen, B. (2004), *Målstyrning i Byggprocessen Genom Val av Genomförande-, Ersättnings- och Samverkansformer*, institutionen för samhällsbyggnad 2004, Luleå tekniska universitet, Luleå.

Toolanen, B. (2006), *Lean Construction - Samverkansinriktat industriellt processtänkande*, art. i SVR – Väg- och Vattenbyggaren, nr 1-2006

Toolanen, B., Olofsson, T. (2006), *Relational Contracting and Process Design promoting cooperation*, Conference proceedings 14th IGLC Conf. July 2006, Santiago, Chile

Toolanen, B. (2006), *Footprints of newer procurement strategies in Sweden*, Submitted to the CIB 92 Conference, Salford, UK, November 2006.

Wideman, R.M., editor. (1992), *Project and program risk management: a guide to managing project risks and opportunities*. The PMBOK handbook series; v. no. 6, Drexel Hill, Pa.: Project Management Institute.

Womack, J. P., Jones, D. T., Roos, D. (1990), *The Machine that Changed the World*, Rawson Associates, New York

Womack, J. P., Jones, D. T. (1996), *Lean Thinking – Banish waste and create wealth in your corporation*, Simon & Schuster, New York

BILAGA 1 – PARTNERINGDEKLARATION



PROJEKT MK3

PARTNERINGDEKLARATION



Vi har som partners vid workshopen i Gällivare 30/11-04 beslutat att arbeta mot nedanstående mål och framgångskriterier vid genomförandet av projektet MK3 :

MK3 skall överträffa allas förväntningar som projekt och produktionsanläggning.

Partnering:

- Projektet skall drivas i en positiv anda och präglas av samsyn, ärlighet, öppenhet och kunskapsutbyte mellan parterna.
- Vi skall skapa motivation och engagemang hos alla genom delaktighet och kommunikation.
- Säkerställa balans mellan de hårda målen funktion, tid, ekonomi.
- Som referensprojekt utveckla samarbetsformer som blir tongivande för framtida projekt.
- Hög etik och moral skall prägla projektet.
- Minska revirtänkande och fördomar.
- Säkerställa samverkan mellan projektets aktörer.

Funktion / Arbetsmiljö:

- Inga olycksfall med sjukfrånvaro under anläggningstiden.
- MK3 skall skapa en bra arbetsmiljö ur drift och underhållssynpunkt.
- MK3 skall producera rätt volym till rätt kvalitet i rätt tid både som projekt och produktionsanläggning.

Ekonomi:

- Prognoser präglade av öppenhet med förslag till förbättringar.
- Alla aktörer skall ges möjlighet till skälig vinst.
- Innehålla projektets beviljade medel och gemensamt sträva mot positivt incitamentsutfall.

Tid:

- Produktionsstart 2006-10-01.
- Gemensam tidplanering / prioritering



Mycket Kul i 3 år.



Mats Ström

Johan Östlund

BILAGA 2 – ENKÄTUNDERSÖKNING

- 1. Projektet skall drivas i en positiv anda och präglas av samsyn, ärlighet, öppenhet och kunskapsutbyte mellan parterna.*
- 2. Vi skall skapa motivation och engagemang hos alla genom delaktighet och kommunikation*
- 3. Säkerställa balans mellan de hårda målen funktion, tid och ekonomi.*
- 4. Som referensprojekt utveckla samarbetsformer som blir tongivande för framtida projekt*
- 5. Hög etik och moral skall prägla projektet.*
- 6. Minska revirtänkande och fördomar.*
- 7. Säkerställa samverkan mellan projektets aktörer.*
- 8. Jämfört med ett konventionellt projektupplägg vid en totalentreprenad har samverkan och samarbetet mellan beställare – konsulter - totalentreprenör fungerat mycket effektivare vid produktdesignen (projektering, konstruktion)*
- 9. Jämfört med ett konventionellt projektupplägg vid en totalentreprenad har samverkan och samarbetet mellan beställare – konsulter - totalentreprenör fungerat mycket effektivare i byggproduktionsskedet*
- 10. LKAB, NCC, WSP och Sweco Bloco är partners enligt partneringdeklarationen. Tycker du att partneringgruppen varit optimalt sammansatt?*
- 11. Partneringgruppen borde utökats med strategiska underleverantörer (t.ex. stomkomponentleverantörer, installatörer, e.t.c.)*
- 12. Partneringgruppen har fungerat som en homogen grupp och alla har fått bidra med sin kompetens på ett öppet och förtroendefullt sätt.*
- 13. Alla som är med som partners (partneringmedlemmar) måste ställa upp på att arbeta med öppen ekonomisk redovisning (transparens)*

- 14. Aktuell partneringsamverkan i projektet medför att projektet totalt sett blir billigare för LKAB än om det hade varit konventionellt upphandlat*
- 15. Aktuell partneringsamverkan i projektet medför att projektet totalt sett kommer att få en kortare byggtid än om det hade varit konventionellt upphandlat*
- 16. Aktuell partneringsamverkan i projektet medför att projektet totalt sett kommer att hålla kvalitets- och funktionskraven bättre än om det hade varit konventionellt upphandlat*
- 17. Den partneringsgrupp som jobbat med MK3 har prioriterat långsiktighet och projektets väl före kortsiktiga ekonomiska vinster (såväl individuella som företagsanknutna)*
- 18. De medverkande tjänstemännen i MK3 har i regel fått nyttig och relevant vidareutbildning för att bättre förstå innebörden i och kraven i ett partneringsprojekt*
- 19. De medverkande kollektivarbetarna i MK3 har i regel fått nyttig och relevant vidareutbildning för att bättre förstå innebörden i och kraven i ett partneringsprojekt*
- 20. De investeringar som gjorts i utveckling och utbildning av MK3 projektets anställda (humankapitalet) har varit väl avvägda*
- 21. I MK3 projektet har gjorts välavvägda investeringar i användandet av IT hjälpsystem (Cad visualisering, m.m.)*
- 22. I MK3 projektet har gjorts välavvägda investeringar i traditionell ingenjörsteknologi (nya material, produkter, produktionsteknik, m.m.)*
- 23. De incitamentsavtalskonstruktioner som finns i projektet stödjer på ett bra sätt de övergripande målen i partneringsdeklarationen*
- 24. De incitamentsavtalskonstruktioner som finns i projektet är rättvist belönande och ger incitament för osedvanliga prestationer*
- 25. Partnersamverkan, incitamentsavtalskonstruktioner och den transparenta ekonomiredovisningen i projektet medför att projektet totalt sett blir billigare för LKAB än om det hade varit konventionellt upphandlat*

26. *Partneringsamverkan, incitamentsavtalskonstruktioner och den transparenta ekonomiredovisningen i projektet medför att projektet totalt sett kommer att få en kortare byggtid än om det hade varit konventionellt upphandlat*
27. *Aktuell partneringsamverkan, incitamentsavtalskonstruktioner och den transparenta ekonomiredovisningen i projektet medför att projektet totalt sett kommer att hålla kvalitets- och funktionskraven bättre än om det hade varit konventionellt upphandlat*
28. *Aktuell partneringsamverkan, incitamentsavtalskonstruktioner och den transparenta ekonomiredovisningen i projektet medför att projektet totalt sett kommer att implementera fler innovationer än om det hade varit konventionellt upphandlat*
29. *Aktuell partneringsamverkan har medfört att innovationsklimatet har blivit bättre än om projektet hade varit konventionellt upphandlad*
30. *Jag är helt nöjd med hur tekniska innovationer (nya materialval, produktval, produktionstekniska lösningar, m.m.) etablerats i projekt MK3*
31. *Visualisering med Cad teknik är en mycket värdefull innovation i MK3 projektet och denna har använts optimalt*
32. *I MK3 projektet har medarbetarnas (även byggnadsarbetarnas) förslag på ständiga förbättringar tillvaratagits på ett bra sätt*
33. *Jag tycker att det system för uppföljning av erfarenheter för framtida projekt som etablerats i MK3 projektet är bra och välbalanserat*
34. *Jag tycker att det system för uppföljning av resultat som etablerats i MK3 projektet är bra och incitamentskapande för tjänstemännen på MK3 att satsa på goda prestationer, god samverkan med andra kategorier i projektet och effektiviseringar*
35. *Jag är förvissad om att det uppföljningssystem som vi har i projektet MK3 kommer att fånga upp välbalanserat erfarenhet och lärdom av parteringprocessen och projektet i övrigt inför LKAB:s kommande project.*