EXAMENSARBETE

Informationsöverföring i byggprojekt mellan projektering och produktion

Produktionsplanering med BIM på Veidekke

Fredrik Hellström
Marcus Nordin

Civilingenjörsexamen
Väg- och vattenbyggnadsteknik

Luleå tekniska universitet
Institutionen för samhällsbyggnad och naturresurser

LULEÅ TEKNISKA UNIVERSITET

LULEÅ
UNIVERSITY
OF TECHNOLOGY

EXAMENSARBETE

Informationsöverföring i byggprojekt mellan projektering och produktion

- Produktionsplanering med BIM på Veidekke

Fredrik Hellström
Marcus Nordin

LULEÅ 2011

Luleå tekniska universitet

Civilingenjörsprogrammet
Väg- och vattenbyggnad
Institutionen för Samhällsbyggnad och Naturresurser

FÖRORD

Examensarbetet är det avslutande momentet i författarnas utbildning Civilingenjör Väg- och Vattenbyggnad vid Luleå tekniska universitet. Arbetet har pågått under tiden januari till juni 2011 på företaget Veidekke i Stockholm.

Vi vill tacka alla som bidragit med sin kunskap och tid för att göra detta examensarbete möjligt.
Ett stort tack riktas till Veidekke Stockholm där arbetet genomförts och ett speciellt tack till vår handledare på Veidekke, Fredrik Wincent som guidat och hjälpt oss kontinuerligt genom arbetet. Även ett tack till Vico Software som bidragit med programvara och stöd under arbetets gång.

Vid Luleå tekniska universitet vill vi tacka vår handledare, Anders Vennström som hjälpt oss med rapporten, samt ett tack till examinator, Thomas Olofsson.

Stockholm, juni 2011

Fredrik Hellström

Marcus Nordin

SAMMANFATTNING

Den svenska byggbranschen står idag inför ett vägskäl, börja basera produktionsplaneringen på bygginformationsmodeller (BIM) eller att fortsätta genomföra planeringen på traditionellt vis.

Tidigare har det inte funnits programvara som har haft funktionaliteten att koppla ihop hela processen från BIM till en produktionstidplan. På senare tid har det kommit program som klarar av processen, därmed har ett antal byggföretag börjat se nyttan av att ta tillvara på den information som finns i BIM från projekteringen och använda den för produktionen.

Arbetet har genomförts hos entreprenadföretaget Veidekke. Det är ett av företagen som vill börja utnyttja informationen som finns tillgänglig i BIM, för produktionsplanering. Syftet med denna studie har varit att utforma en alternativ arbetsprocess för produktionsplanering med Vico Office som verktyg. Genom att använda informationen som finns, går det att uppföra noggranna mängdavtagningar och tidplaner som baseras på mängder från BIM.

Inledningsvis kartlades det hur Veidekke i dagsläget arbetar med produktionsplanering. Litteraturstudie, intervjuer och observationer har genomförts. Den information som insamlades analyserades och användes som grund för försök ett, som utmynnade i en alternativ arbetsprocess för produktionsplanering med Vico Office. Sedan validerades den framtagna arbetsprocessen i ett nytt försök, för ett nytt projekt. En manual för processen togs fram inom ramen för examensarbetet. Manualen är tänkt att fungera som en guide till företaget, för det fortsatta arbetet med produktionsplaneringen i programmet.

Slutsatsen av arbetet visar att en övergång till den alternativa arbetsprocessen skulle gynna företaget. Några testprojekt vore lämpligt att genomföra innan en slutgiltig utvärdering av processen går att genomföra.

ABSTRACT

The Swedish construction industry is facing a crossroads, start basing production planning on building information models (BIM) or to continue planning the traditional way.

Previously, there was no software that had the functionality to connect the entire process from BIM to a production schedule. It has now come programs that can manage the process, now has a number of construction companies started to realize proceeds of taking advantage of the information contained in the BIM from the design, and use it for production.

The work has been done at the construction company Veidekke. It is one of the companies that want to utilize the information available in BIM, for production planning. The purpose of this study was to develop an alternative work process for production planning with Vico Office as a tool. By using the information found, it is possible to construct accurate quantity takeoff and schedules based on quantities from BIM.

Firstly, we did a identification of how Veidekke is working with production planning in the current situation. Literature review, interviews and observations have been carried out. The information gathered was analyzed and used for an experiment which led to an alternative work process for carrying out production planning with Vico Office. Then the alternative work process was validated in a new experiment, for a new project. A manual for the process was developed as a part of the thesis. The manual is meant to serve as a guide to the company, for the continuing work on production planning in the program.

The conclusion shows that switching to the alternate work process would benefit the company. A few test projects would be appropriate to carry out before a definitive evaluation of the process is feasible.

FÖRKORTNINGAR

2D	Två dimensioner: x,y
3D	Tre dimensioner: x,y,z
4D	3D+tid
5D	3D+tid+kostnad
A-modell	Arkitektmodell
AIL	Activity Information List
APD	Arbetsplatsdispositionsplan
BIM	Building Information Model alt. Bygginformationsmodell
BRF	Bostadsrättsförening
BSAB	Byggandets Samordning AB
CIFE	Center for Integrated Facility Engineering
ICE	Integrated Concurrent Engieering
iRoom	Interactive Room
K-modell	Konstruktionsmodell
LBS	Location Breakdown Structure
LoB	Line of Balance
MI	Medarbetarinvolvering
NASA	National Aeronautics and Space Administration
PL	Prislista
VDC	Virtual Design and Construction
VVS	Värme, Ventilation och Sanitet

Innehållsförteckning

FÖRORD II
SAMMANFATTNING III
ABSTRACT IV
FÖRKORTNINGAR V
1 INLEDNING 1
1.1 Bakgrund 1
1.2 Syfte och mål 2
1.3 Forskningsfrågor 2
1.4 Avgränsningar 3
1.5 Målgrupp 3
1.6 Disposition 3
2 METOD 4
2.1 Tillvägagångssätt 4
2.2 Typ av forskning 5
2.3 Litteraturstudie 5
2.4 Typ av datainsamling 5
2.4.1 Intervjuer 6
2.4.2 Observationer 6
3 TEORI 7
3.1 Traditionell projektering 7
3.2 Traditionell produktionsplanering 9
3.3 Gantt 12
3.4 Line of Balance 13
3.5 Building Information Model 16
3.6 Virtual Design and Construction 18
4 RESULTAT 19
4.1 Fakta om Veidekke 19
4.2 Val av programvara 20
4.3 Produktionsplanering på Veidekke 20
4.4 Försök 1: Elektronen 23
4.4.1 Information om projektet 23

4.4.2 Förutsättningar ... 23
4.4.3 Tillvägagångssätt ... 24
4.4.4 Alternativ arbetsprocess ... 29
4.5 Försök 2: Trappgaveln ... 30
4.5.1 Information om projektet ... 30
4.5.2 Förutsättningar ... 30
4.5.3 Tillämpning av arbetsprocessen ... 30
5 ANALYS OCH SLUTSATS ... 32
5.1 Traditionell produktionsplanering ... 32
5.2 Utvecklad produktionsplanering ... 33
5.3 Tillämpning av arbetsprocessen ... 33
6 DISKUSSION ... 34
6.1 Förslag på framtida forskning ... 37
7 REFERENSER ... 38
7.1 Tryckta källor ... 38
7.2 Elektroniska källor ... 39
7.3 Webbsidor ... 39
7.4 Otryckta källor ... 40
7.5 Muntliga källor ... 40
7.6 Observationer ... 40
7.7 Övriga möten ... 40
8 BILAGOR ... 41
8.1 Bilaga 1 – Intervjufrågor 1 ... 41
8.2 Bilaga 2 – Intervjufrågor 2 ... 43
8.3 Bilaga 3 – Intervjufrågor 3 ... 44
8.4 Bilaga 4 – Rapportmall för mängdavtagning ... 46
8.5 Bilaga 5 – Framtagen manual ... 46

1 INLEDNING

Kapitlet beskriver bakgrund, studiens syfte och mål. Vidare presenteras forskningsfrågor och avgränsningar för arbetet. Slutligen redovisas rapportens disposition för att ge en överblick av rapporten.

1.1 Bakgrund

Innan produktionen av ett projekt kan påbörjas är det projekteringens ansvar att uppfylla de krav och önskemål som byggherren har ställt. Projekteringen leder till bygghandlingar som överlämnas till projektets entreprenörer. Utifrån dessa handlingar påbörjar varje entreprenör sin produktionsplanering. En väl genomförd produktionsplanering ökar chansen för att uppnå ett lyckat produktionsresultat, projektering och produktionsplanering bör tillsammans uppta ca 20 % av den totala entreprenadtiden[1].

Idag används 2D-ritningar flitigt i traditionellt planerade projekt. Det finns två begränsningar med 2D-ritningar. Ett flertal ritningar krävs för att kunna beskriva ett föremål tillräckligt detaljerat för att förstå hur det ska förverkligas i produktionen. Den andra begränsningen är att det är svårt att upptäcka kollisioner mellan byggdelar och installationer. I en 3D-modell är objekten definierade av ytor och solida objekt, den kan användas för att grafiskt presentera projektet och med blotta ögat upptäcka kollisioner.

I dagens byggbransch finns det stora möjligheter till utveckling och förbättring. Tidigare studier har visat att det finns en potential till förbättring. I en av dessa studier har sju svenska byggprojekt följts. Det påvisades att endast 17,5% av byggnadsarbetarnas arbetstid är direkt värdeskapande för kunden. Hela 33,4% visades vara rent slöseri i form av väntan, outnyttjad tid, omarbete och avbrott. Resterande tid används för förberedande arbeten som krävs för att producera. [2]

För projekt som Veidekke har ansvaret för projekteringen används idag 3D-verktyg i stor skala. Efter att projektering är slutförd används 3D-modeller och 3D-verktyg för mängdavtagning samt för att generera 2D-ritningar.

Veidekke ser stora möjligheter med att överföra information från projekteringen till produktionsplaneringen. Det kan möjliggöra en effektivare produktionsplanering med noggrannare uppföljning, mängdavtagning och tidplanering.

[1] Birgersson (2001)
[2] Josephson & Saukkoriipi (2005)

1.2 Syfte och mål

Syftet med detta arbete är att utveckla en arbetsprocess för överföring av information mellan projekteringen och produktionen, att utnyttja informationen som finns i modellerna. Det ger möjligheter för bättre uppföljning, mängdavtagning, kostnadskontroll och tidplanering, vilket kan leda till bättre förutsättningar i produktionsfasen.

Målet med studien är att tidplaneringen ska visualiseras i form av en lägesbaserad tidplan. Där aktiviteter i tidplanen innehåller mängder och kostnader som är baserade på kalkylen. Mängder i kalkylen ska i sin tur vara kopplade direkt mot modeller.

1.3 Forskningsfrågor

Forskningsfråga I

Hur ser processen för produktionsplanering ut idag?

Syftet med forskningsfrågan är att kartlägga hur Veidekke arbetar med produktionsplanering. Vilka är inblandade, hur ser processen ut, samt vilka metoder och verktyg används.

Forskningsfråga II

Hur kan en framtida arbetsprocess som kopplar ihop projektering och produktionsplanering se ut?

Andra forskningsfrågan syftar till att ta fram en ny alternativ arbetsprocess. Den nya arbetsprocessen ska innefatta informationsöverföringen från modeller i projekteringen, till tidplaneringen och mängdavtagningen i produktionen.

Forskningsfråga III

Hur kan man tillämpa den framtagna arbetsprocessen i praktiken?

Syftet med den tredje forskningsfrågan är att verifiera processen som tagits fram i forskningsfråga II, för ett pågående projekt, samt ge förslag på vad som krävs för en implementering.

1.4 Avgränsningar

Denna studie omfattas av 20 veckors heltidsarbete per författare, det motsvarar 30hp av författarnas utbildning på 270hp. Avgränsningar kommer att göras med avseende på tid och omfattning. Rapporten kan inte ses som generell för hela byggbranschen utan är avgränsad till flerbostadshus, totalentreprenader och främst för Veidekkes sätt att arbeta. Endast ett av de program som är tillgänglig på marknaden kommer att användas, Vico Office. Författarna kommer inte att ta fram egna modeller till försöken, dessa kommer att tillhandahålls av Veidekke. För att examensarbetet inte skall bli för omfattande har författarna valt att begränsa produktionsplaneringen till utvalda aktiviteter.

1.5 Målgrupp

Huvudintressent av detta examensarbete är Veidekke. Projekten som studerats har varit Elektronen och Trappgaveln. Där har Veidekke varit totalentreprenör och därmed ansvarat för projektering och utförande. Slutsatser från studien kan eventuellt leda till ett förändrat arbetssätt. Sekundära intressenter är Vico software, det är deras mjukvara som använts och utvärderats under försöken, samt avdelningen för Byggproduktion vid Luleå tekniska universitet där arbetet kommer att examineras.

1.6 Disposition

Kapitel 1 - INLEDNING

Kapitel 2 - METOD

Kapitel 3 - TEORI

Kapitel 4 - RESULTAT

Kapitel 5 - ANALYS OCH SLUTSATS

Kapitel 6 - DISKUSSION

Kapitel 7 - REFERENSER

Kapitel 8 - BILAGOR

2 METOD

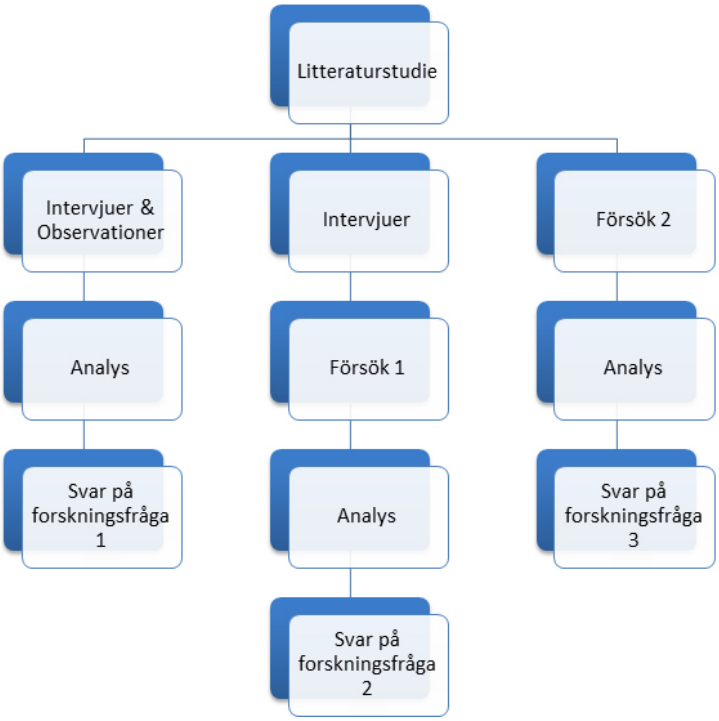
Syftet med kapitlet är att beskriva de vetenskapliga metoder som använts för att besvara forskningsfrågorna. En beskrivning och schematisk bild över tillvägagångssättet finns redovisat i kapitlet.

2.1 Tillvägagångssätt

Det finns två alternativa arbetssätt som teoriproduktionen kan bedrivas på, deduktion och induktion. Ett induktivt arbetssätt innebär att forskaren väljer att följa upptäckandets väg. Forskaren skapar sin egen teori för att grunda sin undersökning på. Detta examensarbete använder sig av ett deduktivt arbetssätt, det innebär att forskarna följer bevisandes väg. Utifrån befintliga teorier och allmänna principer drar forskarna slutsatser om enskilda företeelser. [3]

Först genomfördes en litteraturstudie för att flytta fram kunskapsfronten hos författarna inför besvarandet av forskningsfrågorna. För att besvara forskningsfråga I har observationer och intervjuer med utvalda personer genomförts för att få en inblick i hur processen ser ut för produktionsplanering. Resultatet från forskningsfråga I har tillsammans med försök ett varit grunden för den alternativa arbetsprocessen, vilket leder till besvarandet av forskningsfråga II. Den alternativa arbetsprocessen har verifierats i försök två, det har varit till grund för att besvara forskningsfråga III.

Nedan visas en schematisk bild över tillvägagångssättet för arbetet, se *figur 1*.



Figur 1 Tillvägagångssätt för arbetet.

[3] Davidson & Patel

2.2 Typ av forskning

Examensarbetet kommer att beröra en typ av forskning, utvärderande forskning.

Utvärderande forskning avser att utvärdera något. En tydlig formulering av vad som ska utvärderas är grundläggande. De målformuleringar som sätts upp av forskaren kommer att styra hela forskningsprocessen i val av målgrupp, variabler, förstudier och metoder för analys av insamlade data. Dokumentation av forskningsresultaten har en primär funktion genom att olika intressenter tillgodogör sig utvärderingsresultaten. [4]

2.3 Litteraturstudie

Under tiden för examensarbetet har en litteraturstudie pågått kontinuerligt. Den har genomförts för att öka den teoretiska grunden hos författarna. De två huvudsakliga områden som studien behandlat har varit planeringsverktyg och produktionsplanering. Insamlingen av fakta har skett från tryckta källor, elektroniska källor, internetsidor samt kurslitteratur från utbildningen vid Luleå tekniska universitet. Efter bearbetning av litteraturstudien har valt resultat presenterats i teorikapitlet.

2.4 Typ av datainsamling

Det finns olika två typer av undersökningar, kvantitativ- och kvalitativ undersökning. I detta examensarbete har det varit mest fördelaktigt att använda sig av en kvalitativ undersökning.

En kvalitativ undersökning vänder sig till speciella fokusgrupper, de som ska ingå i undersökningen hanplockas. Det är attityd, beteende och erfarenhet som anses viktigt att kartlägga hos den intervjuade. Färre människor deltar i forskningen, men kontakten med dessa människor blir mer omfattande. En nackdel är att man måste förlita sig på de få som blivit utvalda för att delta i undersökningen. En annan kan vara att det är svårt att utvärdera deltagarnas svar mot varandra eftersom att de i regel sitter på olika erfarenheter och kunskaper. Fördelen med denna metod är att man vänder sig till de som har kompetens inom området. Det blir även en mer personlig kontakt med deltagarna.

Det finns olika metoder för datainsamling; observationer, intervjuer och enkätundersökningar. Det är endast enkätundersökningar som inte har använts i studien.

[4] Andersson & Borgbrant

2.4.1 Intervjuer

Det huvudsakliga syftet med intervjuerna har varit att införskaffa information som författarna använt sig av i studien.

Den information som erhålls från de intervjuade kan bestå av; vad den intervjuade vet, tycker, vill eller tänker på. Det finns olika grader av standardiserade intervjuer. Vid icke standardiserade intervjuer formulerar intervjuaren frågor under intervjuförloppet och anpassar frågorna och dess ordning efter intervjuns utveckling. Ett annat tillvägagångssätt är helt standardiserade intervjuer, där ställs samma frågor i exakt samma ordning, detta oberoende av vem som intervjuas. Detta är två ytterligheter av intervjutekniker, det är även möjligt att kombinera dessa. [5]

En mall sattes upp där grundfrågor till alla intervjuer definierades, sedan anpassades varje fråga efter den intervjuades befattning. Frågorna anpassades även efter vilket syfte författarna hade med varje enskild intervju. Samtalen spelades in med den intervjuades godkännande och efter slutförd intervju sammanställdes svaren i ett dokument. Information och intryck från intervjuerna har haft betydande grund för forskningsfråga I och II, valda delar kommer att presenteras i resultatet.

2.4.2 Observationer

Observationer har utförts för att studera hur projekteringsprocessen är utformad och hur de olika yrkesdisciplinerna kommunicerar med varandra.

Det finns två typer av observationer, deltagande- och öppen observation. Deltagande observation sker genom insamling av information där man studerar olika företeelser. I en öppen observation är observatören känd och accepterad bland deltagarna. För att en observation ska vara ett vetenskapligt verktyg måste den uppfylla ett uttalat forskningssyfte, vara systematiskt- planerad och registrerad. [6]

Vid observationerna var författarna kända, en öppen observation. Anteckningar fördes och valt resultat redovisas i resultatet för forskningsfråga I.

[5] Davidson & Patel
[6] Davidson & Patel

3 TEORI

I kapitlet redovisas den teori som ligger till grund för examensarbetet. Först beskrivs hur traditionell projektering genomförs sedan beskrivs traditionell produktionsplanering. Efter det presenteras två av de vanligaste planeringsmetoderna, gantt och line of balance. Tillslut beskrivs begreppet building information model och virtual design and construction.

3.1 Traditionell projektering

Projekteringens huvudsakliga uppgift är att ta fram en byggnad som uppfyller de krav och önskemål som byggherren har ställt i byggnadsprogrammet. Byggnaden ska i slutet av projekteringen presenteras i form av byggnadshandlingar.[7]

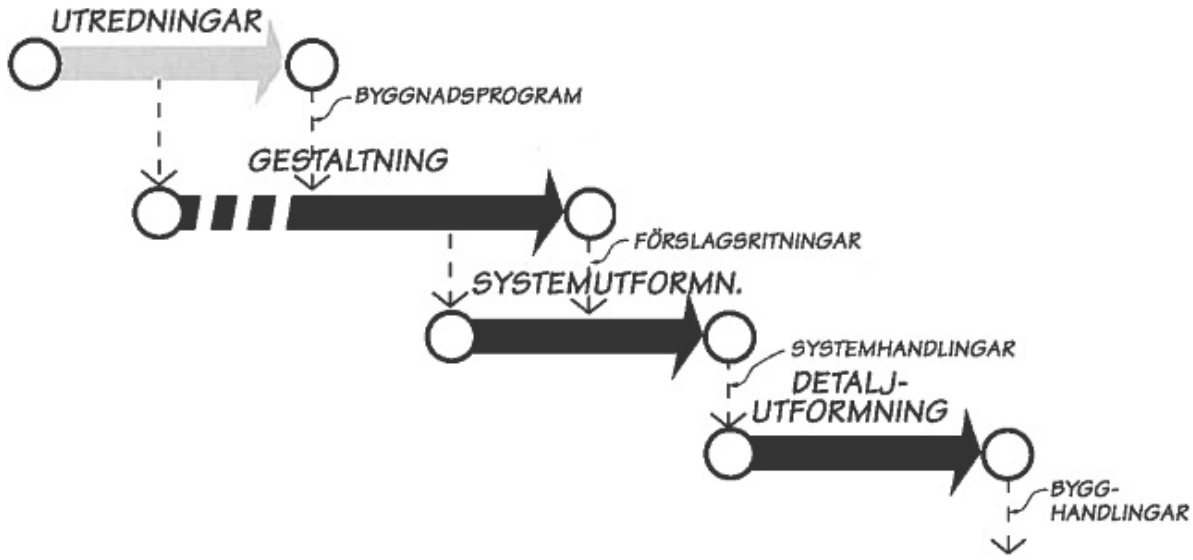
För att handlingarna ska bli kompletta och innehålla nödvändig information krävs det att konsulter från alla yrkeskategorier är representerade i projekteringsskedet. Yrkeskategorier som är inblandad i större grad under projekteringsarbetet kan vara arkitekt, konstruktör, VVS-konsult och el-konsult. Dessa kan ses som huvudkonsulter, det finns även konsulter som har en mindre del under projekteringen, t.ex. ljud- och brandkonsult.[8]

Det går att jämföra projekteringsarbetet med ett lagarbete. Målet för lagarbetet är att de inblandade parterna ska samarbeta för att komma fram till ett slutresultat, det ska falla ut i handlingar som överlämnas till de entreprenörer som ska förverkliga byggnaden. Det är viktigt att konsulterna informerar varandra om hur de löser sina uppgifter och eventuella problem. Kollisionskontroll mellan olika byggdelar och installationer är viktigt för att upptäcka kollisioner i ett tidigt skede och därigenom undvika problem i produktionen. Utvecklingen av olika programvaror har lett till förbättringar när det gäller informationshanteringen mellan de olika konsulterna. [9]

Vid projektering kan organisationen variera beroende på vilken entreprenadform som gäller för det aktuella projektet. Vid general- och delad entreprenad är det byggherren som styr projekteringen, alternativt utser byggherren en projekteringsledare. I en totalentreprenad utser totalentreprenören en person som tar över ansvaret av projektering från byggherren.[10]

[7] Nordstrand (2006)
[8] Nordstrand (2006)
[9] Nordstrand (2006)
[10] Nordstrand (2006)

Projekteringsarbetet ska utföras systematiskt, genom att man tar det stegvis och följer ett mönster. I Sverige har man sedan 1950-talet arbetet med en trestegsprocess, gestaltning, systemutformning och detaljutformning. Från det att byggnadsprogrammet är färdigt startar projekteringen, se *figur 2*.



Figur 2 Projekteringens tre steg.[11]

I byggnadsprogrammet finns det krav som byggherren har ställt på byggnaden. I gestaltningsfasen utformas några alternativ av byggnaden, förslagsritningar tas fram för de olika förslagen och därefter fastställs ett förslag. I systemutformningsfasen fastställs bland annat den bärande stommen för byggnaden och installationssystemet. Sista steget i processen är detaljutformningen av byggnaden. Där fastställs bland annat val av material och byggnadsdetaljer. Resultatet av detaljutformningen faller ut i bygghandlingar.[12]

Bygghandlingarna överlämnas sedan till entreprenörerna för projektet. Utifrån dessa handlingar inleds arbetet med att planera utförandet, produktionsplaneringen.

[11] Nordstrand (2006)
[12] Nordstrand (2006)

3.2 Traditionell produktionsplanering

Produktionsplanering är en viktig del i arbetsprocessen för byggentreprenören inför starten av produktionen. En väl genomförd planering ökar chansen för att uppnå ett lyckat produktionsresultat. Den tid som läggs ner för planeringsarbetet står i proposition till projektets storlek och komplexitet. Det finns flera anledningar till varför planering är viktigt inför en byggstart, några av dessa är:[13]

- Färdigställandetiden skall uppnås
- Uppnå de ekonomiska målen
- Uppnå företagets kvalitetsmål
- God arbetsmiljö
- Bra flyt i produktionen
- Fungerande leveransplaner
- Underlag för styrning av projektet

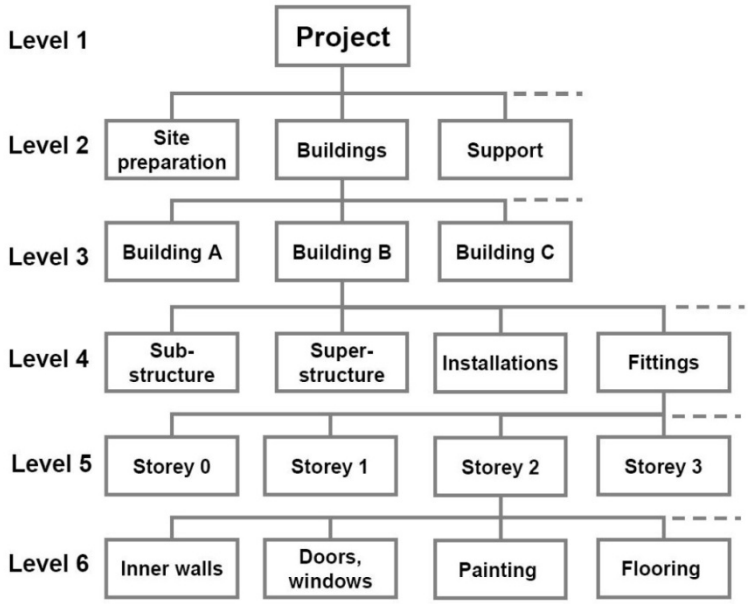
I starten av nästan alla byggprojekt sätts en ny platsledning ihop som ska driva projektet. De roller som generellt ingår i en platsledning är platschef, entreprenadingenjör samt arbetsledare. Personer som har arbetat med att lämna anbudet har den största kunskapen om projektet. Det är viktigt att de som har kunskap om projektet delger information till den nya platsledningen. För att skapa ytterligare förståelse för projektet är det viktigt att alla i platsledningen läser igenom de handlingar som finns att tillgå. Efter att platsledning har den information som krävs påbörjas planeringsarbetet. Det är många faktorer som ska tänkas igenom, det kan vara teknik, kvalitet, resurser, organisation, tider och miljöfrågor. Här kartläggs även kritiska och svåra moment i produktionen som behöver extra planering. Det hela utmynnar i en produktionsplan som innehåller ett antal dokument:[14]

- Produktionstidsplan
- Strukturplan
- Detaljplan
- Budget eller produktionskalkyl
- Resursplan
- APD-plan
- Kvalitetsplan
- Inköps- och leveransplan
- Arbetsplatsmiljöplan

[13] Nordstrand (2006)
[14] Nordstrand & Révai (2008)

Ett av det viktigaste styrdokumentet som tas fram i produktionsplaneringen är produktionstidplanen. Tidplanen blir det dokument som på ett tydligt sätt visualiserar hur projektet kommer att drivas, den ger möjlighet till uppföljning under projektets gång.[15]

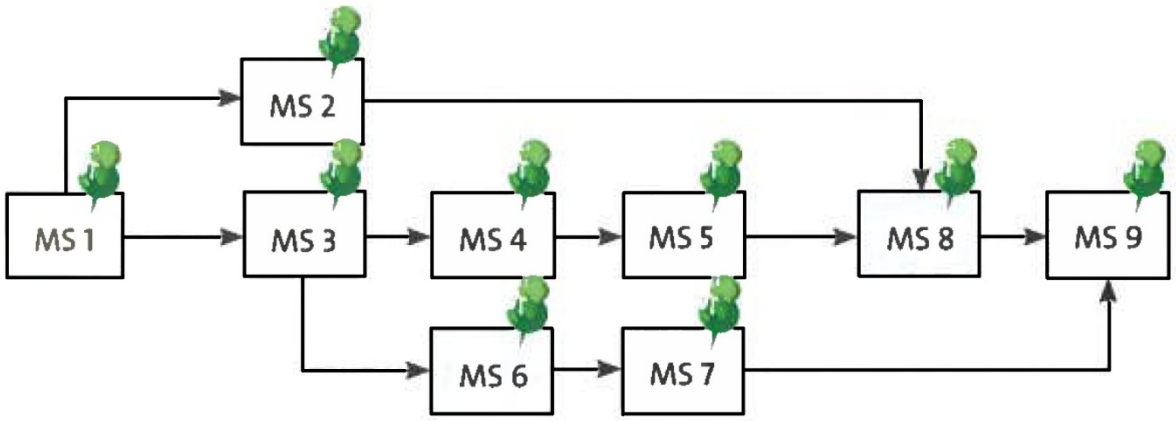
För uppförandet av tidplanen bör planeringen genomföras successivt och i flera steg. Mål och syfte med planeringen fastställs i inledningsskedet, därefter görs en så kallad Work Breakdown Structure.[16] En WBS skapas för att säkerställa att alla arbetsmoment kommer med i planeringen. Inledningsvis struktureras projektet upp och delas in i en hierarkisk ordning. Projektet hamnar högst upp i strukturen, därefter bryts det ner i mindre beståndsdelar. I WBS kan man tydligt se arbetsstrukturen för projektet, se *figur 3*. [17]



Figur 3 Work breakdown structure.[18]

Nästa steg mot produktionstidplanen är skapandet av en nätplan, där ligger en WBS till grund för fortsatt arbete. Med nätplanering menas att produktionen beskrivs med hjälp av aktiviteter och dess inbördes ordningsföljd, därigenom erhålls produktionsflödet. Milstolpar och andra viktiga datum kan vara medtagna i nätplanen, se *figur 4*. Efter nätplanen är upprättad går arbetet vidare med utformandet av en aktivitetslista. Den innehåller de aktiviteter som är upptagna i nätplanen, listan kompletteras med mängder och enhetstider för varje aktivitet. Utifrån aktivitetslistan kan varaktigheten för varje aktivitet bestämmas.[19]

[15] Tonnquist (2007)
[16] Tonnquist (2007)
[17] Andersson & Rosberg (2010)
[18] Andersson & Rosberg (2010)
[19] Bergh & Persson



Figur 4 Nätplan.

De placeras sedan ut i en grov tidplan, där punkterna bildar start- och slutdatum för respektive huvudaktivitet samt för hela projektet. Exempel på huvudaktiviteter kan vara mark, bärverk och huskomplettering. [20]

Varje huvudaktivitet detaljplaneras med hjälp av aktivitetslistan, därigenom genereras detaljerade tidplaner för var och en av huvudaktiviteterna. Sedan läggs tidplanerna för respektive huvudaktivitet ihop till en enda produktionstidplan. Utifrån den skapas ofta rullande tidplaner, där arbetet för nästkommande 3-6 veckorna planeras med en hög detaljeringsnivå. [21]

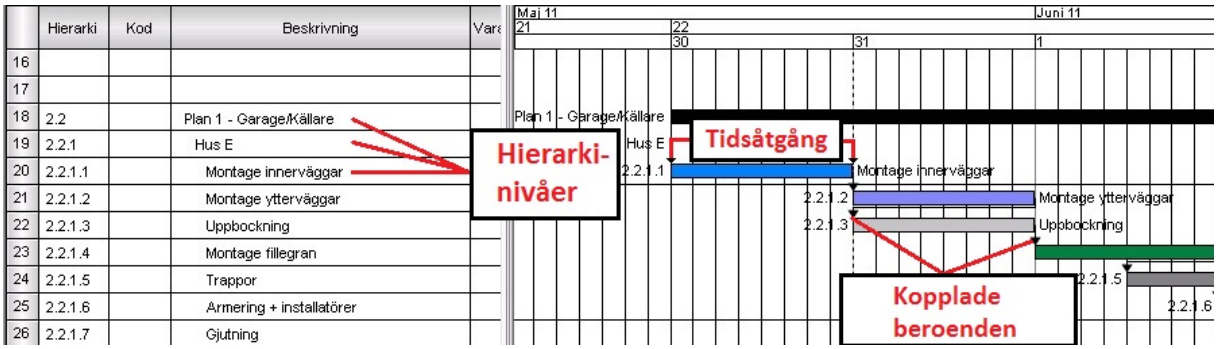
Tidplanen kan visualiseras på flera olika sätt, de två vanligaste sätten finns beskrivna i kapitel 3.3 och 3.4.

[20] Tonnquist (2007)
[21] Tonnquist (2007)

3.3 Gantt

Henry Laurence Gantt utvecklade metoden gantt år 1917. Inledningsvis användes planeringsmetoden gantt till stora infrastrukturprojekt, ett av de inledande projekten som även blivit mest känd är Hooverdammen i USA.[22] Genom utvecklingen av datorer och anpassade programvaror har det möjliggjort skapandet och redigering av mer avancerade gantt-scheman. [23]

Gantt är en tvådimensionell aktivitetsbaserad planeringsmetod. Schemat utgörs av en horisontal x-axel och en vertikal y-axel. Tiden visualiseras på x-axeln, tidsskalan väljs beroende på tidplanens detaljeringsnivå, skalan kan vara timmar, dagar, veckor och månader. Start, tidsåtgång och slut för varje aktivitet åskådliggörs av en stapel som löper horisontellt i diagrammet. Y-axeln utgör de aktiviteter som finns med i projektet, de är sorterade i hierarkinivåer. Vid varje ny hierarkinivå tillkommer det en siffra i koden. Aktivteter kan vara ihopkopplad med beroenden för att få en sammanhängande tidplan, se *figur 5*. [24]



Figur 5 Gantt-schema.

Fördelen med ett gantt-schema är att det ger en god grafisk översikt över projektet, det är även enkelt att förstå hur schemat är uppbyggt. Metoden lämpar sig bäst till små och medelstora projekt. Planeringsmetoden har använts under en lång tid, det har medfört att det finns många användare som har kompetens och det finns många programutvecklare för planeringsmetoden. [25]

Nackdelen vid stora projekt är att det blir svårt att se sambandet mellan aktiviteter, tidplaner där många aktiviteter är sammanlänkade med varandra har en tendens att likna ett stort nät. [26] Projekt som innehåller ett stort antal olika aktiviteter utgör ett problem. Ett sådant projekt utfällt som ett gantt-schema upptar större yta än vad som ryms på ett papper med formatet A1. När gantt-scheman upprättas finns det ingen systematisk struktur, utan det är den person som upprättar tidplanen som väljer strukturen. [27]

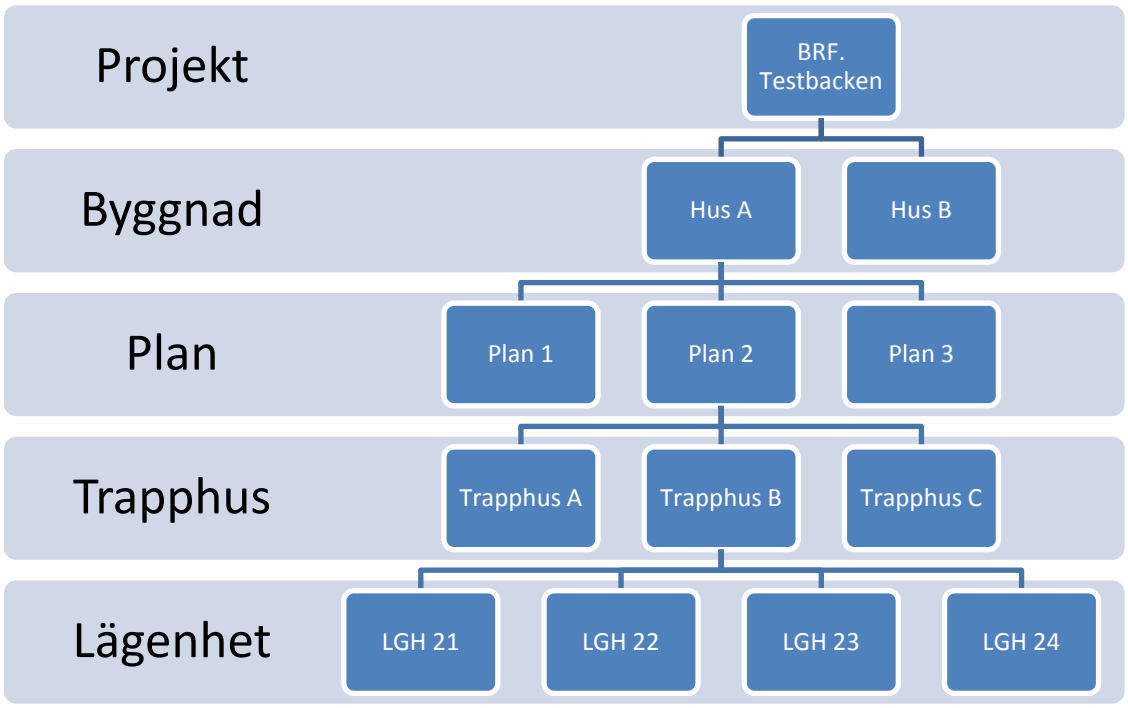
[22] 12 Manage
[23] 12 Manage
[24] Lundkvist & Martinell (2009)
[25] 12 Manage
[26] Lundkvist & Martinell (2009)
[27] Andersson & Rosberg (2010)

3.4 Line of Balance

Metoden Line of Balance härstammar från företaget Goodyear som under 1940-talet använde LoB för produktionsplanering. Under andra världskriget vidareutvecklade den amerikanska flottan metoden för både repetitiva och icke-repetitiva projekt. [28]

I slutet av 1980-talet försökte Arditi och Psarros att utveckla datorapplikationer för metoden. Systemet de kom fram till var begränsat, men det kunde lösa de grundläggande problemen. Utvecklingen av datorer medförde att nya system utvecklades. Det fanns flera program som hade liknande funktioner, men med olika fördelar respektive nackdelar. I början användes programmen separat och det var inte förrän på senare tid som en sammanslagning av programmen skedde. [29]

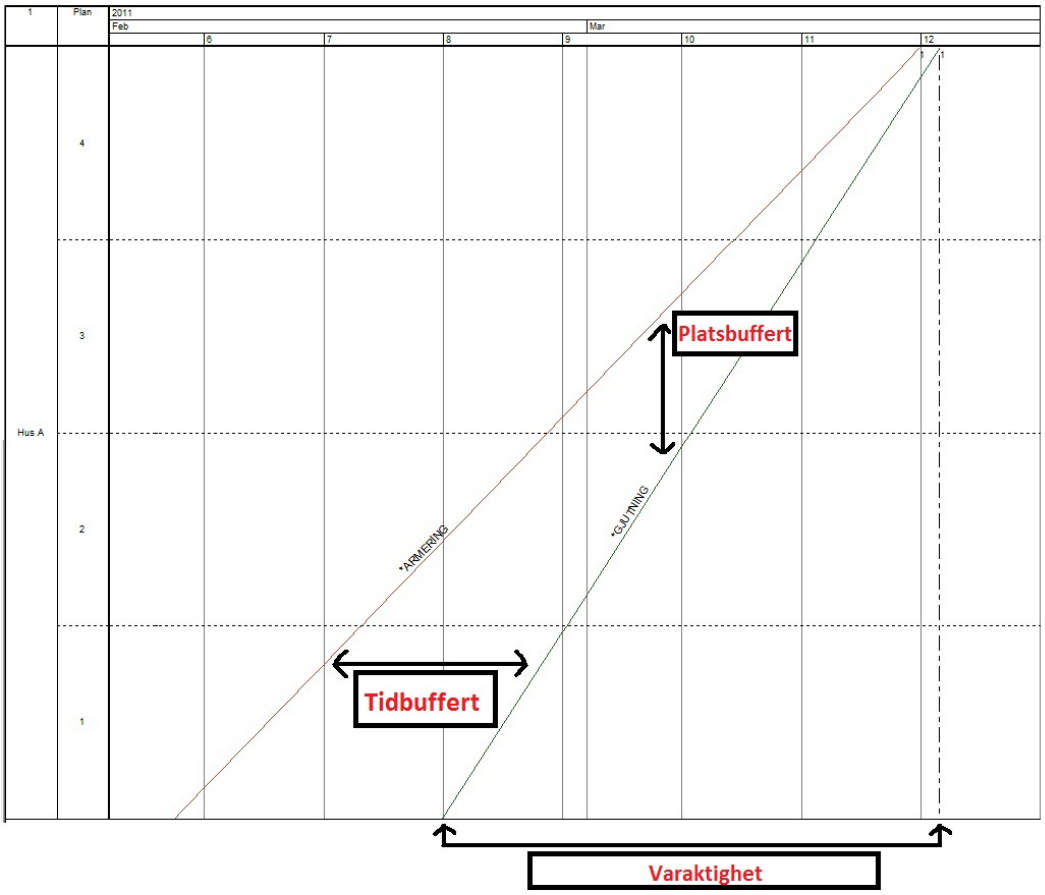
LoB är i likhet med gantt en metod för att visualisera tidplaner. Det som tillkommer förutom en traditionell planering är att LoB är lägesbaserat. Det innebär att hela projektet måste delas in i lägen. Projektet delas in enligt en Location Breakdown Structure, se *figur 6* för ett exempel på en LBS.[30]



Figur 6 Location breakdown structure.

[28] Yaowu & Qingpeng (2008)
[29] Andersson & Rosberg (2010)
[30] Kenley & Seppänen (2009)

Rent grafiskt är ett LoB ett tvådimensionellt diagram bestående av en horisontell x-axel som representerar tiden och en vertikal y-axel som visar läget, enligt en definierad LBS. Aktiviteter visualiseras i diagrammet med hjälp av linjer. Start och slut kan avläsas där linjen börjar och slutar, avståndet däremellan representerar varaktigheten av en aktivitet. Produktionshastigheten åskådliggörs genom linjens lutning. Avståndet mellan två aktiviteter i horisontalled representerar hur lång tid som skiljer aktiviteterna åt på respektive läge, tidsbuffert. I vertikalled representerar avståndet hur långt ifrån varandra aktiviteterna utförs, platsbuffert, se *figur 7*. [31]

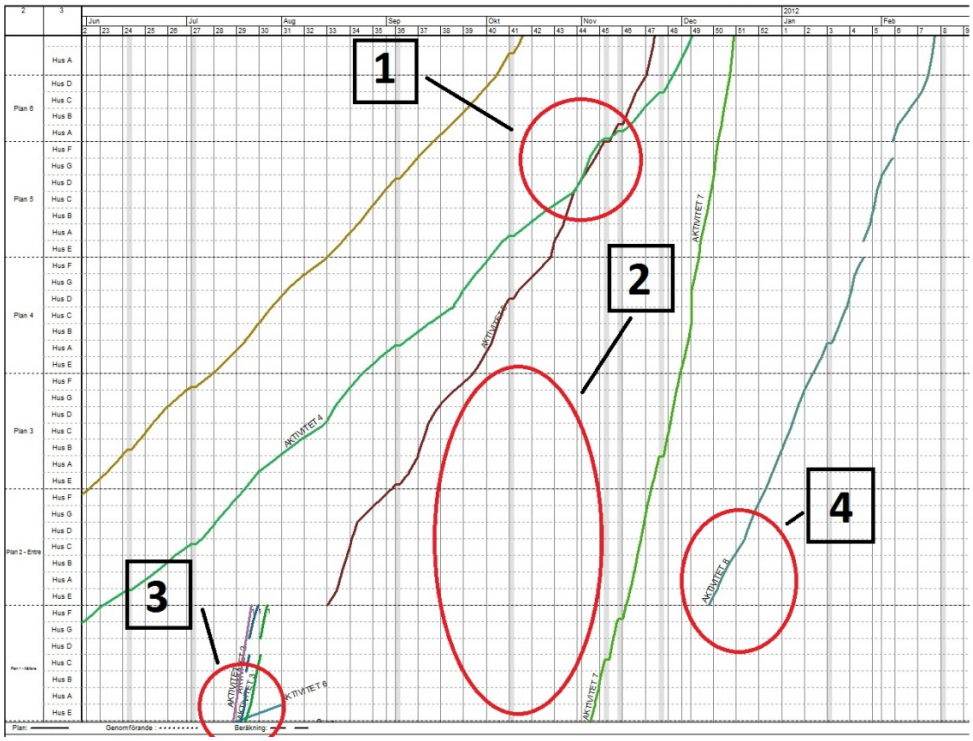


Figur 7 Illustration och beskrivning av line of balance.

Det finns två alternativ för att förändra läget av en aktivitet. Linjens startdatum kan tidigare- eller senareläggas. Det andra alternativet är att öka antalet resurser, en ökning innebär att varaktigheten blir kortare, vilket i sin tur medför att linjens lutning blir brantare.[32]

[31] Forss & Norberg (2006)
[32] Forss & Norberg (2006)

Nedan visas en figur och beskrivande text på problem och lösningar som kan upptäckas i LoB.



Figur 8 Line of balance.

1. Två aktiviteter korsar varandra, det innebär att två aktiviteter kommer utföras samtidigt och på samma ställe. Om en aktivitet är målning och den andra aktiviteten innerväggar skulle detta innebära att den som målar kommer ifatt den som sätter upp innerväggar. En lösning på problemet kan vara att sätta in mer resurser för innerväggar.

2. Här finns det plats som inte används, det är möjligt att placera en eller flera aktiviteter som kan utföras på den tomma ytan. Ett annat alternativ är att placera om de efterföljande aktiviteterna så att glappet försvinner.

3. Flera aktiviteter börjar samtidigt och på samma plats. Detta kan medföra problem, det kan vara olika yrkes discipliner som ska jobba samtidigt och på samma läge. För att förhindra detta kan en lösning vara att förskjuta några aktiviteter.

4. Det finns ett stort område som är tomt innan aktiviteten, outnyttjad tid och plats. För att skapa ett bättre flöde i tidplanen kan flera resurser tillsättas aktiviteten, detta medför att tidsåtgången minskar och aktiviteten hamnar närmre den bakomliggande aktiviteten.

En av fördelarna med LoB är att det visuellt går att få en uppfattning av produktionshastigheten för varje enskild aktivitet i diagrammet. Det är även ett bra verktyg för att optimera flödet av arbete i projektet då det går att se om det finns outnyttjad arbetsyta. Det går att upptäcka brister i planeringen, kollisioner mellan aktiviteter syns tydligt, flaskhalsar är några av de fel som går att upptäcka i ett tidigt skede. [33]

En av nackdelarna med LoB är att det idag inte är en vanlig planeringsmetod, detta medför att det finns begränsad tillgång av kompetent personal som har den kunskap som krävs för att upprätta och använda metoden. För stora projekt med en tajt produktionstid med en hög detaljeringsnivå kan LoB-schemat lätt bli plottrigt. [34]

3.5 Building Information Model

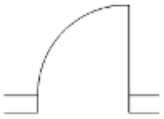
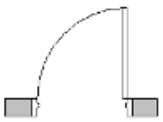
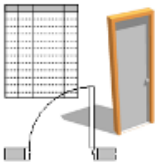
Förkortningen BIM kommer från det engelska ordet Building Information Model, på svenska översätts det till byggnadsinformationsmodell. Begreppet introducerades på en teoretisk nivå under 1970-talet, men det stora genombrottet kom först när CAD-leverantörer började använda begreppet BIM. [35]

I traditionellt planerade projekt används 2D-ritningar, de utgörs av linjer, bågar och viss text. Det finns två huvudsakliga begränsningar med att använda den metoden. Det krävs ett flertal ritningar för att kunna beskriva ett föremål tillräckligt detaljerat för att förstå hur det ska förverkligas i produktionen. Den andra begränsningen är att det är svårt att upptäcka kollisioner mellan byggdelar och installationer. [36]

I en 3D-modell är objekten definierade av ytor och solida objekt, modellen kan användas för att visualisera objekt och eventuella kollisioner mellan olika objekt.

BIM visar ett projekt i ett virtuellt tillstånd. Visuellt illustreras projektet som en vanlig 3D-modell, skillnaden är att varje enskilt objekt innehåller information. Mått, vikt, materialkvalite, u-värde, installationskrav, förvaltningsinformation, konstruktionsberäkningar är exempel på information som ett objekt i modellen kan innehålla. *figur 9* visar hur en dator tolkar en dörr i olika modeller.

[33] Lundkvist & Martinell (2009)
[34] Andersson & Rosberg (2010)
[35] Jongeling (2008)
[36] Eastman (2009)

Information model	Output	Interpretation Computer	
Picture information model (scanned)		Pixels	Inscannad ritning
Drawing information model		Lines / arcs	2D-ritning
Geometry information model		Surfaces / volumes	3D-modell
Building information model		Door	BIM

Figur 9 Olika sätt att illustrera en dörr. [37]

En föreslagen definition av BIM som delas av författarna:

"A Building Information Model is a digital representation of the physical and the functional characteristics of a facility. As such it serves as a shared knowledge resource for information about a facility, forming a reliable basis for decisions during its life cycle from inception onward." [38]

Att hantera byggnadsinformation med hjälp av BIM kan ge lägre kostnader för planeringsfasen och produktionen. Tid kan sparas då onödiga samordningskontroller i produktionen kan undvikas. Slöseri av resurser på arbetsplatsen kan minskas betydligt då information som genereras av modellen leder till färre fel på arbetsplatsen, som förut orsakats på grund av felaktig och icke samordnad information. Ändringar som utförs i modellen uppdateras automatiskt över hela projektet och informationen som genereras ger en hög kvalité på handlingarna.[39]

[37] Jongeling & Olofsson (2010)
[38] ASHRAE (2009)
[39] Snook (2009)

3.6 Virtual Design and Construction

John Kunz och Martin Fischer introducerade termen Virtual Design and Construction på avdelningen Center for Integrated Facility Engineering vid Stanford Universitet i början av 2000-talet. Efter VDC introducerades har det bedrivits både forskning och undervisning vid Stanford Universitet.

Definitionen av VDC som John och Martin formulerade lyder:

"*The use of integrated multi-disciplinary performance models of design-construction projects to support explicit and public business objectives.*" [40]

Under mitten av 1990-talet började NASA projektera rymdfärjor med en ny projekteringsmetod. Metoden medförde att projekteringstiden kunde förkortas från drygt ett år till några veckor. Det NASA gjorde var att man samlade de yrkeskategorier som var inblandade i projekteringen till ett och samma ställe, projekteringsmetoden kallades för Integrated Concurrent Engieering. Projekteringen av byggnader och rymdfärjor kan tyckas vara helt skilda saker, men de har en hel del gemensamt. Likheten är att många olika yrkesdiscipliner är inblandad i projekteringen och strävar mot samma mål. De har samtidigt enskilda mål och dessa kan vara motstridiga till de andra inblandades interna mål. I rummet där projekteringsmöten sker finns skärmar och projektorer som hjälpmedel för visualisering, rummet har forskarna vid Stanford University valt att kalla Interactive Room. Varje deltagare redovisar det gångna arbetet för övriga parter. När ett problem uppstår kan det i regel lösas direkt, det innebär att ett svar oftast erhålls snabbt. Ibland kan ett problem beröra ett flertal parter, då är det med fördel att sitta samlade i ett rum för att kunna diskutera och lösa problemet tillsammans. [41]

VDC kan ses som det arbetssätt där BIM tillämpas och den organisation som skapas runt arbetet med BIM. För att utnyttja VDC till fullo krävs det att organisationen arbetar på rätt sätt med tekniken. Det handlar lika mycket om att bygga upp och utforma en väl fungerande organisation som att utveckla BIM. [42]

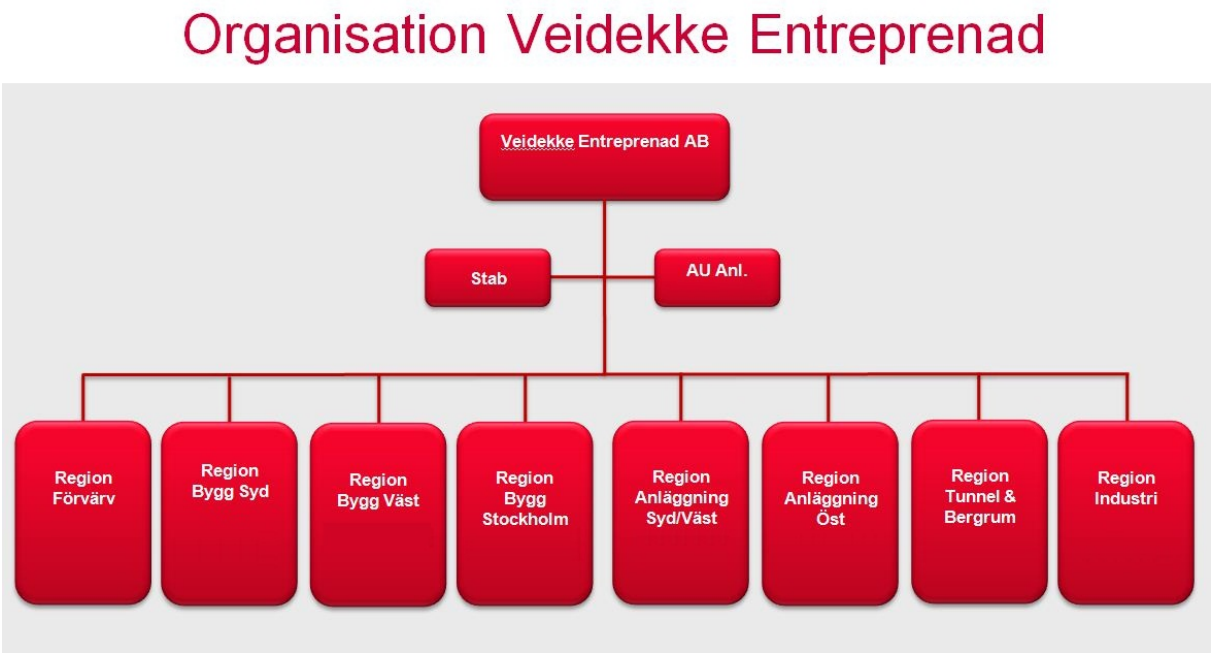
[40] Kunz & Fischer
[41] Kunz & Fischer
[42] Hindersson

4 RESULTAT

Kapitlet beskriver kortfattat företaget Veidekke där studien genomförts och en kort beskrivning av den programvara som använts för försöken. Därefter presenteras hur Veidekke arbetar med produktionsplanering och tillslut redovisas tillvägagångssätt och resultat för de försök som utförts i studien.

4.1 Fakta om Veidekke

Veidekke är Skandinaviens fjärde största bygg-, anläggnings- och bostadsutvecklingsföretag med en omsättning på ca 19,4 Miljarder SEK 2010. Företaget grundades år 1936 i Norge och i slutet av 1990-talet expanderade företaget utanför Norges gränser. Företaget etablerades först i Sverige och sedan i Danmark. I Sverige har företaget ca 1 100 anställda och en omsättning på ca 3,6 miljarder SEK 2010. Veidekke entreprenads organisation är indelat i olika arbetsområden, se *figur 10*.



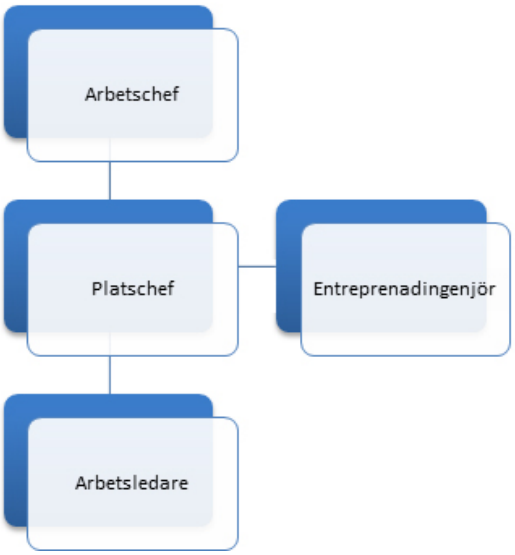
Figur 10 Organisationsschema över Veidekke Entreprenad.

4.2 Val av programvara

I studien har författarna använt sig av programvaran Vico Office. Det finns två anledningar till varför Vico valdes som programvara. En anledning är att Veidekke tror och satsar på Vico Office som ett komplett 5D-verktyg. Den andra anledningen är att den nya versionen R3 innehåller en ny och unik funktion som gör det möjligt att dela upp projektet i en LBS, varje byggdel tillhör ett läge. En licens av betaversionen R3 har erhållits av Vico Software. I licensen för programmet ingår samtliga moduler, exempel på moduler är; kalkyl, tidplanering, LBS, mängdlista och 4D-simulering. Vissa funktioner har varit helt nya och det har inte funnits någon guide om hur de nya funktionerna ska tillämpas. Författarna har testat sig fram på egen hand, med viss support från personal som arbetar på Vico Software.

4.3 Produktionsplanering på Veidekke

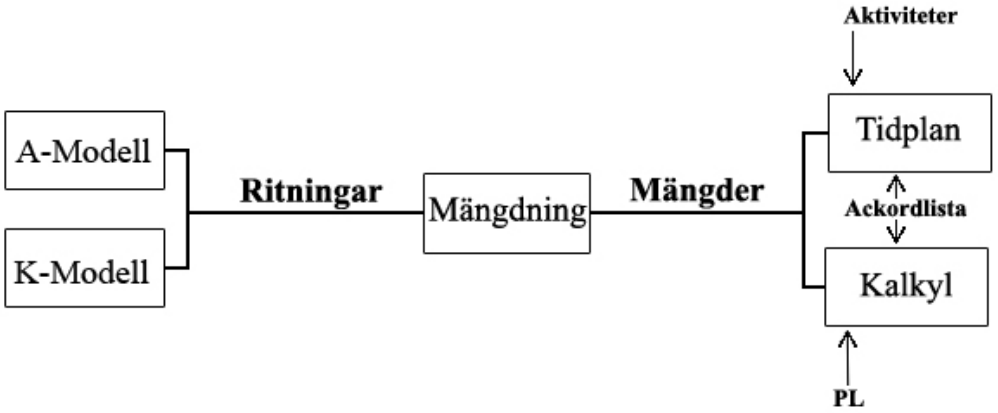
I slutskedet av projekteringen genereras 2D-ritningar från BIM som byggts upp under projekteringsfasen. Ritningar och andra handlingar överlämnas till den produktionsledningen som ska driva projektet, se *figur 11*.



Figur 11 Generell organisation för produktionsledning.

Produktionsledningen inleder med att gå igenom alla handlingar, se över vad som ska göras och hur det ska utföras i produktion. Om frågor uppkommer sker det en dialog med ansvarig person. En grov tidplan upprättas där start- och slutdatum är fastställda för projektet. Mellan start och slut införs huvudaktiviteter med en uppskattad tidsåtgång, tidplanen visualiseras som ett gantt-schema. Exempel på huvudaktiviteter kan vara mark, platta, stomme och huskomplettering. Varje huvudaktivitet planeras mer detaljerat och delaktiviteter sätts in. För arbetsmoment där kompetens och resurser inte finns inom företaget skickas förfrågningar ut till andra företag. Därefter utvärderas de anbud som kommer in från företagen och det bästa anbudet väljs som samarbetspartner.

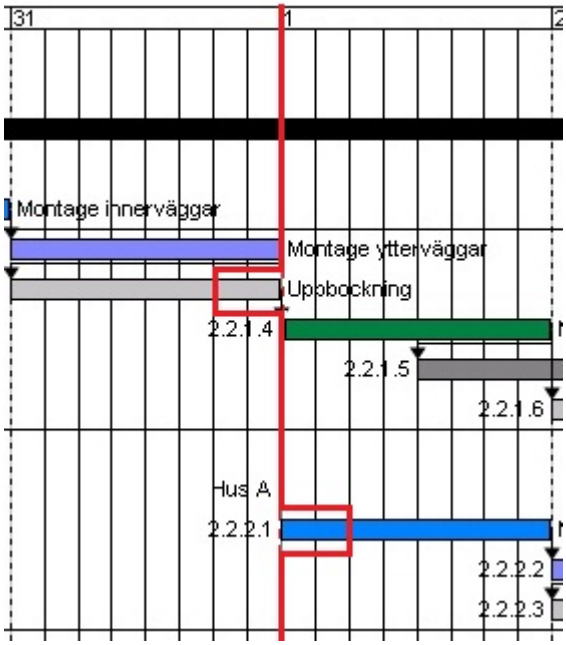
För varje byggdel tas mängder fram genom att mäta på ritningar. Mängder kan även genereras direkt från modellerna om möjligheten finns, alternativt beställs och utförs mängdningen av ett externt företag. De framtagna mängderna används till produktionskalkyl och tidplan.



Figur 12 Nuvarande arbetsprocess i Veidekke.

Produktionskalkylen skapas i programmet Microsoft Excel. Kalkylen innehåller poster med projektets byggdelar, en post innehåller pris, enhetstid och mängd för varje byggdel. Priser är tagna från en prislista. För de byggdelar där priset är okänt skickas en offertförfrågan ut till olika tillverkare. Veidekke använder sig idag av tre programvaror för att tidplanera, PlanCon, Microsoft Excel och Microsoft Project. Valet av program styrs av vad platsledningen är vana att arbeta med. Aktiviteter, mängder, tidsåtgång och antal yrkesarbetare förs in manuellt av den som skapar tidplanen. Tidsåtgången beräknas genom att multiplicera enhetstiden med mängden för respektive aktivitet. Enhetstiden baseras på ackordlistan och erfarenhet. En mer detaljerad tidplan tas fram för de 3-6 kommande veckornas arbete. Denna typ av tidplan benämns som rullande tidplan och den upprättas vanligtvis med ett intervall av tre veckor. Det program som används för att skapa den rullande tidplanen är Microsoft Excel.

Avstämning utförs genom att titta på varje aktivitet som pågår. På en utskriven tidplan dras en uppskattad linje vid datumet för avstämningen, se *figur 13*. Linjen visualiserar hur varje aktivitet följer den planerade tidplanen, resurser kan tillsättas om någon aktivitet har halkat efter. Revidering sker sedan i mjukvaran där tidplanen upprättas.



Figur 13 Avstämning på tidplan.

4.4 Försök 1: Elektronen

Syftet med försöket är att experimentellt utforma en alternativ arbetsprocess för produktionsplanering i programmet Vico Office.

4.4.1 Information om projektet

I Sollentuna kommun är Veidekke totalentreprenör för bygget av 90 bostadsrätter. Beställare är Panorama och projektet benämns Elektronen. Huset är indelat i fem trapphus som vardera består av fem plan. Under huset finns en gemensam källare med parkering och förrådsutrymme. Storleken på lägenheterna varierar mellan 1-4 rum och kök. Inflyttning kommer att ske successivt med ett trapphus i taget och med start under hösten 2011. Projekteringen har genomförts med arbetsprocessen VDC.

Figur 14 Projektet Elektronen.

4.4.2 Förutsättningar

Projektet Elektronen är färdigprojekterat och arbetet med uppförandet av stommen har inletts. Veidekke har tillhandahållit en referenskalkyl, ackordslista och BIM. En intervju gjordes på plats med entreprenadingenjören, där bland annat information om produktionsordningen erhölls. Försöket har begränsats till endast aktiviteter som har med uppförandet av stommen, detta för att arbetet med försöket inte ska uppta för stor tid av examensarbetet. I försöket används betaversionen av Vico Office R3.

4.4.3 Tillvägagångssätt

En matris över alternativ och gjorda val i försök 1 kan ses i *tabell 1*.

Tabell 1 Alternativ och gjorda val i försök 1.

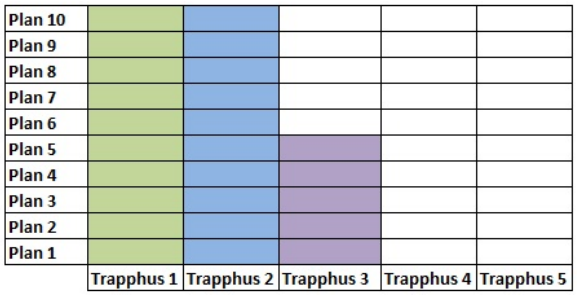
	Alternativ 1	Alternativ 2	Alternativ 3
1. Aktiverad modell vid indelning	A-modell	K-modell	A- och K-modell
2. Uppförandet av LBS, indelning av projektet	Trapphus sedan plan	Plan sedan trapphus	
3. Koder och hierarkinivåer i aktivitetslistan	Nivåindelning med sifferkombinationer	Nivåer enligt BSAB-systemet med modifikation	
4. Insättning av aktiviteter i tidplaneringsverktyget	Stomaktiviteter som finns i nedersta planet	Insättning av stomaktiviteter i produktionsordning	Alla stomaktiviteter, sedan användning av filterfunktionen i programmet
5. Visualisering av mängder för produktionen	Använda Takeoff Manager i Vico Office	Använda rapport i Vico Office för mängdavtagning	Använda funktionen i tidplaneringsverktyget

A- och K-modeller för projektet exporterades till Vico Office.

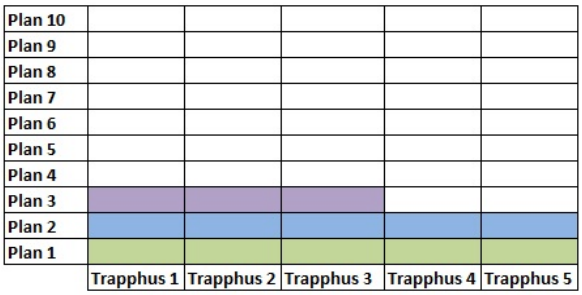
1. När indelningen av projektet påbörjades aktiverades både A- och K-modellen. Det märktes snabbt att programmet blev tungarbetat, detta medförde att arbetet blev tidskrävande. Genom att avaktivera K-modellen och endast låta A-modellen vara aktiverad flöt programmet på bättre än tidigare. Tillslut testades att avaktiverades A-modellen och aktivera K-modellen, då flöt programmet på bra och det var enkelt att arbeta. A-modellen innehåller fler objekt än K-modellen, vilket gör den tungarbetad. Därför gjordes ett val för fortsatt arbete med försöket, att endast ha K-modellen aktiverad när indelningen skulle utföras. Efter indelningen är klar aktiveras även A-modellen för resterande del av försöket.

2. Det finns två alternativ när indelningen av projektet ska påbörjas. Vid alternativ 1 sker starten av indelningen med att dela in projektet enligt trapphus. Efter att projektet är indelat trapphusvis delas varje trapphus in i plan. Alternativ 2 är i motsatt ordningsföljd, då börjar indelningen av plan för hela projektet och sedan delas varje plan in i trapphus. Valet av alternativ kommer att påverka strukturen i tidplanen. Författarna testade båda alternativen. Efter att alternativen genomförts kunde författarna konstatera att valet av alternativ beror på vilken produktionsmetod tidplanen ska upprättas efter. Alternativ 1 är mest fördelaktigt att välja om projektet ska drivas trapphusvis, d.v.s. stommen för första trapphuset färdigställs innan stommen för efterföljande trapphus startar, se *figur 15*. Alternativ 2 väljs om projektet

ska drivas planvis, d.v.s. stommen för plan 1 ska vara färdigt innan arbetet med stommen på plan 2 kan påbörjas, se *figur 16*.



Figur 15 Trapphusvis produktion.



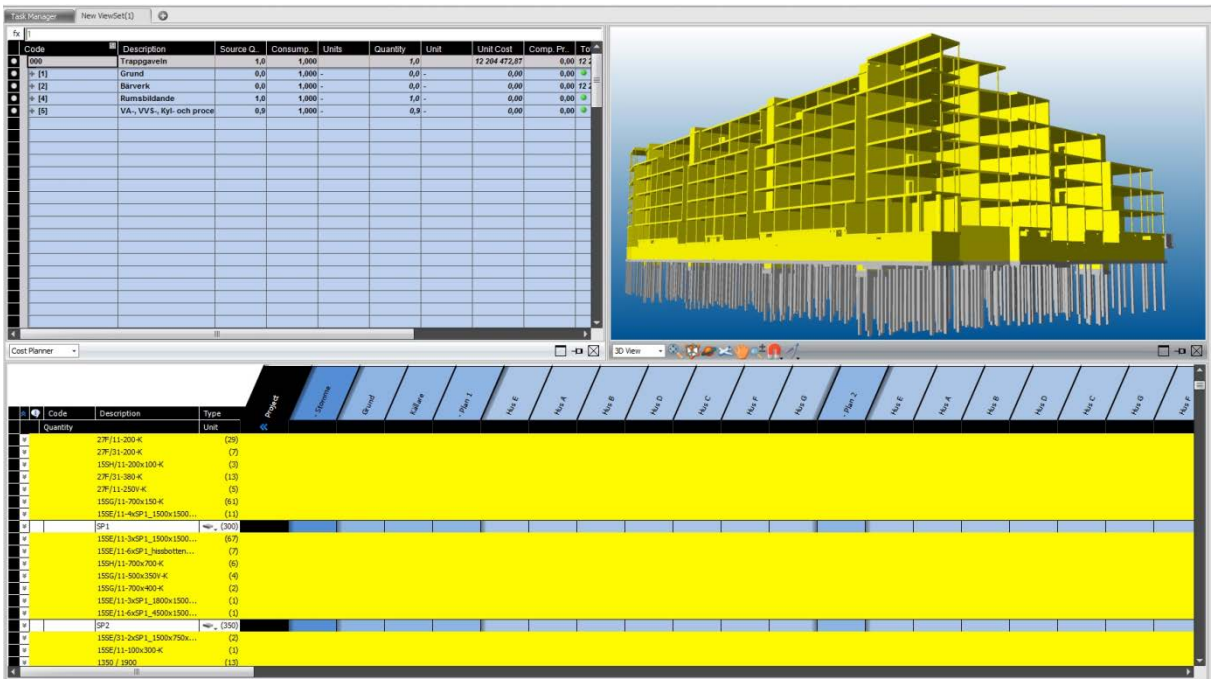
Figur 16 Planvis produktion.

Enligt diskussionen med platsledningen är alternativ 1 mest fördelaktigt med avseende på produktionsordningen av stommen.

Referenskalkylen importerades, den bestod av fördefinierade kalkylposter som är standard i de flesta projekt. Det som sedan gjordes var att lägga till och ta bort poster från referenskalkylen för att överensstämma med det aktuella projektet. För att införa priser i kalkylen användes en prislista där pris per byggdel var angivet. Mängder från varje byggdel i modellen länkades samman med tillhörande kalkylpost. Det medför att varje kalkylpost innehåller en summerad mängd, där mängderna är fördelade enligt LBS strukturen.

En metod upptäcktes för att kvalitetssäkra en del av mängderna. Om en LBS upprättas innan kalkylen finns det en möjlighet att lokalisera var mängder finns belägna när kopplingen av kalkylen sker. Det ger möjligheten att se om indelningen är korrekt utförd. Om det visar sig vid koppling av t.ex. grundpålar, som ska befinna sig i zonen mark, att en eller flera pålar tillhör en annan zon t.ex. tak. Då är det något som inte stämmer med zonindelningen, byggdelen kan även vara felaktigt littererad. Åtgärden blir att kontrollera hur indelningen är utförd samt littereringen av byggdelen, och rätta till felet innan kopplingen av kalkylen kan fortsätta.

Då kalkylen var klar kände författarna att en kontroll krävdes för att säkerställa att alla mängder var kopplade till kalkylen. En metod för att utföra kontrollen upptäcktes, genom att öppna tre rutor i Vico Office som innehåller, 3D-modellen, kalkylen och mängdlistan. Genom att sedan markera hela kalkylen eller vissa delar är det lätt att identifiera om kopplingarna är korrekt samt om det finns byggdelar som inte är kopplade. Är en byggdel kopplad blir den gulmarkerad, grundpålar i *figur 17* är inte kopplade, varav den gråa färgen.



Figur 17 Mängdkontroll mellan modell, kalkyl och mängdlista.

3. När det var dags att koppla kalkylen till aktivitetslistan testades olika alternativ innan en slutgiltig struktur bestämdes. I början bestod koderna av ett system som enbart baserades på siffror, med detta upplägg saknades det en koppling mot kalkylen, vilket gjorde det svårt att genomföra kopplingen. Koderna strukturerades sedan enligt BSAB-systemet, fast med viss modifikation, vilket liknande strukturen i kalkylen. För vald struktur av aktivitetslista, se *tabell 2*.

Tabell 2 Struktur av aktivitetslista.

Kod	Aktivitet
2	**Bärverk**
27	**Bärverk i husstomme**
27A	**Sammansatta bärverk i husstomme**
27B	**Stominnerväggar**
27B11	**Platsgjutna gråväggar**
27B11-1	***Formning***
257	*Post från kalkyl*
27B11-2	***Armering***
258	*Post från kalkyl*
27B11-3	***Gjutning***
259	*Post från kalkyl*
27C	**Stomyttervägg**ar

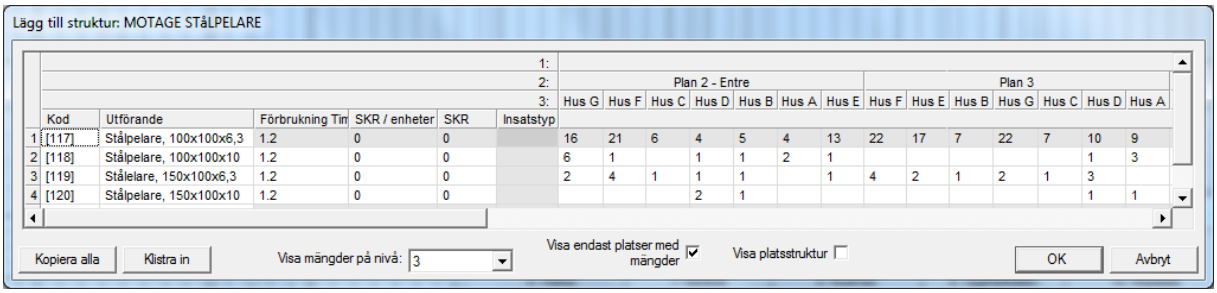
Aktiviteten Bärverk, med koden 2 är huvudaktiviteten. En huvudaktivitet är en sammanfogning av alla underaktiviteter som har koden 2x. Aktiviteten med koden 27 är i sin tur en sammanfogning av underaktiviteter med kod 27x. 27B är en sammanfogning av underaktiviteter med kod 27Bxx och slutligen är aktiviteten 27B11 är en sammanfogning av 27B11-1, 27B11-2 och 27B11-3. Detta betyder att det kommer att finnas fem steg av detaljeringsnivåer i tidplanen.

En aktivitetslista skapas där kalkylposter kopplats till rätt aktiviteter och enhetstider från en ackordlista införs. Varje aktivitet i listan innehåller nu information om: namn på aktiviteten, kod, enhetstid, mängd, kostnad och varaktighet. Namnet på listan valdes till Activity Information List.

4. När arbetet med tidplaneringsverktyget startade fanns alla aktiviteter från AIL med i tidplanen. Alla aktiviteterna tilldelades samma startdatum i programmet, det medförde att det blev grötigt i tidplanen. För att försöka förenkla hanteringen av aktiviteter testades tre alternativ. Alternativ 1, att endast sätta in de aktiviteter som finns på det nedersta planet.

Alternativ 2, aktiviteter infördes enligt tänkt produktionsordning. Alternativ 3, sätta in alla aktiviteter och sedan använda filterfunktionen som fanns i programmet. Alternativ 3 visade sig vara lättsammast och effektivast. Det blev enkelt att isolera aktiviteter, men även att plocka in fler aktiviteter efterhand med hjälp av filterfunktionen i programmet. Därefter inleds arbetet med att strukturera och koppla ihop beroenden mellan aktiviteter.

5. För att visualisera mängder i Vico Office finns det tre alternativ. Syftet med mängdavtagningen är att platsledningen ska få ut mängdlistor på papper eller digitalt. Alternativ 1, mängdavtagningen i Takeoff Manager. Mängder i Takeoff Managern är indelad per plats enligt LBS, under varje byggdel finns det olika mängdparametrar. Alternativ 2, använda färdiga rapportmallar i programmet. I rapportmallarna finns alla typer av mängder medtagna. Alternativ 3, en funktion i tidplaneringsverktyget används för att få ut mängder per plats för aktiviteten, mängderna grundar sig på kopplade kalkylposter. Sista metoden valdes för att den på ett bra sätt visualiserade både namnet på byggdelen och mängden per plats, se *figur 18*.



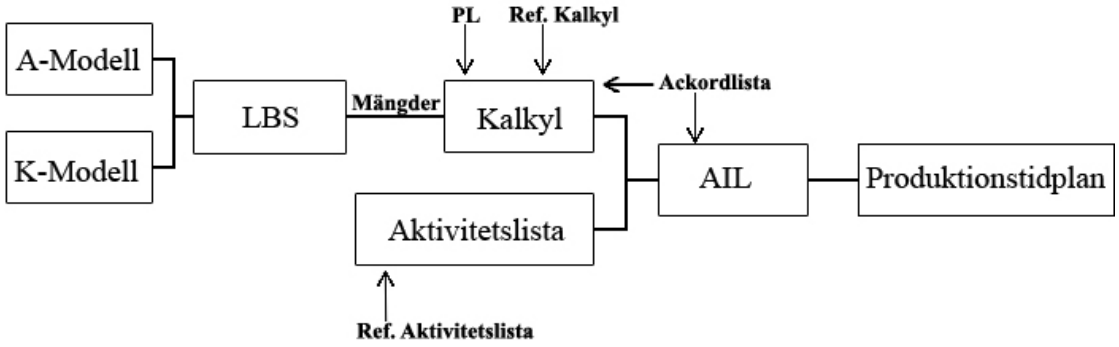
Figur 18 Mängdavtagning i tidplaneringsverktyget.

När samtliga aktiviteter är kopplade i tidplanen kan en kontroll genomföras för att kontrollera tidplanen. En 4D-simulering kan användas som ett hjälpmedel för att se att aktiviteterna kommer i rätt ordningsföljd.

4.4.4 Alternativ arbetsprocess

BIM inhämtats till Vico Office. Sedan sker en indelning av modellerna i en LBS. En referenskalkyl importeras och anpassas efter aktuellt projekt, prislistan används för att ta ut enhetspriser. Mängder från varje byggdel i modellen länkas samman med tillhörande kalkylpost. En referensaktivitetslista importeras och anpassas, därefter länkas aktiviteterna ihop med en eller flera kalkylposter. Aktiviteter kompletteras med enhetstider från ackordlistan, eller från erfarenhet och därmed erhålls en komplett AIL. Tidplaneringsverktyget öppnas och AIL importeras. Tidplanen färdigställs och en slutlig kontroll sker med hjälp av en 4D-simulering.

Den alternativa arbetsprocessen sammanfattas med en bild, se *figur 19*.



Figur 19 Framtagen alternativ arbetsprocess.

4.5 Försök 2: Trappgaveln

Syftet med försöket är att verifiera den arbetsprocess som tagits fram i föregående försök.

4.5.1 Information om projektet

I Sollentuna kommun är Veidekke totalentreprenör för projektet Trappgaveln, beställare är Veidekke Bostad. Projektet är uppdelat i ett lamellhus och två punkthus med totalt 107 bostadsrätter. Totalt finns det sju trapphus. Under husen finns en gemensam källare med parkering och förrådsutrymme. Storleken på lägenheterna varierar mellan 2-6 rum och kök, varje lägenhet har en balkong eller terrass. Inflyttning beräknas starta under hösten 2012. Projekteringen har genomförts med arbetsprocessen VDC.

Figur 20 Projektet Trappgaveln.

4.5.2 Förutsättningar

Projektet trappgaveln är färdigprojekterat och arbetet med grunden har inletts. BIM från både konstruktören och arkitekten finns att tillgå. Författarna har använt sig av ackordslista, prislista, referenskalkylen och referensaktivitetslistan från det första försöket. I försöket används den officiella versionen av Vico Office R3.

4.5.3 Tillämpning av arbetsprocessen

Inledningsvis fördes en diskussion med platsledningen angående den tänka produktionsordningen, det framkom att den skulle ske planvis, se *figur 16*. Från platschefen erhölls enhetstider för vissa aktiviteter som berörde uppförandet av stommen, de var baserade på erfarenhet. Aktivitetslistan från föregående försök presenterades och förklarades. Det framkom invändningar mot aktivitetslistan, platsledningen var intresserad av en grövre tidplan. Detaljeringsnivån på aktivitetslistan anpassades för den grövre tidplanens detaljnivå. För en platsgjuten stominnervägg valdes den lägsta nivån till ”Stominnervägg, platsgjuten”

jämfört med det tidigare försöket, där den lägsta nivån var formning, armering och gjutning. För att underlätta tolkningen av tidplanen har en ändring av namnen på aktiviteterna utförts. Aktiviteten ”Platsgjutna gråväggar” ändrades till ”Stominnervägg, Platsgjuten” för att lättare kunna tyda aktiviteterna i tidplanen. Aktiviteten ”Prefabricerade stominnerväggar” omformulerades till ”Stominnervägg, Montage” då det endast är arbetsmomentet montage av stominnerväggar som ska utföras.

Enligt platsledningens åsikter samt författarnas egna tankar förändrades aktivitetslistans struktur, se *tabell 3*.

Tabell 3 Ny struktur av aktivitetslista.

Kod	Aktivitet
2	**Bärverk**
27	**Bärverk i husstomme**
27A	**Sammansatta bärverk i husstomme**
27B	**Stominnerväggar**
27B-11	**Stominnervägg, Platsgjuten**
600	*Post från kalkyl*
27B-31	**Stominnervägg, Montage**
601	*Post från kalkyl*
27C	**Stomytterväggar**

Därefter utfördes försöket enligt den framtagna arbetsprocessen.

Resultatet av försöket presenterades för platsledningen, tillvägagångssättet för arbetet i Vico Office demonstrerades. Platsledningen blev intresserad och det bestämdes att projektet Trappgaveln skulle fungera som ett första testprojekt för den nya arbetsprocessen.

En manual för arbetsprocessen i Vico Office skapades genom att dokumentera arbetsgången för försöket, se *bilaga 8.5*. Den beskriver stegvis hur arbetet bör genomföras i programmet och innehåller även smarta funktioner och tips som kan vara till nytta. Två VDC-ingenjörer på Veidekke har utvärderat innehållet i manualen och gett sina synpunkter.

5 ANALYS OCH SLUTSATS

I detta avsnitt analyseras resultatet från den genomförda studien och slutsatser presenteras.

5.1 Traditionell produktionsplanering

Produktionsplaneringen sker idag på traditionellt vis, se *kapitel 3.2*. Det finns få standardiserade lösningar när det gäller produktionsplanering. Varje platsledning får utföra planeringen på sitt vis, därför kan den variera beroende på vilka som utför planeringen. Utifrån intervjuer har det uppmärksammats att platschefer och entreprenadingenjörer grundar en stor del av informationen på erfarenhet.

Mängder tas fram för projektets samtliga byggdelar genom att mäta på 2D-ritningar. Den mänskliga faktorn kan leda till onödig tidsåtgång på grund av ommätning, det kan även leda till högre kostnader på grund av att felmätning av byggdelar.

Det finns en ackordlista som innehåller enhetstider för en del arbetsmoment. Från intervjuerna har det framkommit att det inte går att använda ackordlistan rakt av vid tidplanering. Yrkesarbetarna vill arbeta snabbare än ackordtiderna för att erhålla högre lön, det resulterar i att den verkliga enhetstiden blir kortare än den angivna tiden i ackordlistan. Ny personal har inte samma grad av erfarenhet som en erfaren planerare, att bygga upp en lista med enhetstider där intjäningen är skapligt inräknad för diverse arbetsmoment kan vara ett verktyg för den oerfarne planeraren. Om kalkyler standardiseras och siffror dokumenteras kan det möjliggöra att kunskapen bevaras inom företaget i högre utsträckning. Detta skulle kunna underlätta erfarenhetsåterföring mellan olika projekt.

Vid skapandet av tidplaner används metoden gantt, se *kapitel 3.3*. En del av de intervjuade har visat ett visst intresse av att byta metod till line of balance, se *kapitel 3.4*. Det kan möjliggöra att visualiseringen av flödet förbättras och därigenom kan det underlätta optimeringen av tidplanen. Andra intervjuade ser ingen fördel med att byta metod, en anledning kan vara att de har rutin för planering med gantt.

5.2 Utvecklad produktionsplanering

Projekteringen utförs med arbetssättet VDC, se *kapitel 3.6*. Den standard som Veidekke använder vid litterering av byggdelar grundas på BSAB-systemet. När arkitekten och konstruktören littererar byggdelarna i BIM, se *kapitel 3.5*, är det med fördel om de följer den uppsatta standarden. Vid försöken märktes det att litterering av byggdelar är viktigt för att underlätta arbetet med den alternativa arbetsprocessen, där är kalkylen, tidplanen och byggdelar baserade på BSAB-koder. I projekteringen är det därför av stor vikt att det ställs hårda krav på konsulterna att följa littereringsstandarden.

Strukturen av den lägesbaserade tidplanen kommer att bestämmas av hur LBS indelningen upprättas, se *kapitel 3.4*. Därför är det viktigt att diskutera igenom hur produktionen kommer att ske innan indelningen av projektet inleds.

I motsatt mot traditionell planering erhålls mängderna i kalkylen från BIM, detta medför att mängderna blir exakta och därigenom kan kostnaderna beräknas noggrant. Då kommer den lägesbaserade tidplanen att innehålla verkliga mängder som är fördelad på lägen från LBS indelningen. Med korrekta mängder finns möjligheten till en noggrannare mängdavtagning, vilket kan medföra till en förbättrad tid och kostnadsuppskattning. Det är viktigt att egenkontroller utförs för att korrekta mängder ska genreras, eftersom att det påverkar hela kedjan t.ex. kalkyl och tidplan.

5.3 Tillämpning av arbetsprocessen

Arbetsprocessen lämpar sig bäst vid projekt där det finns möjlighet till styrning av projekteringen och där BIM går att använda till produktionsplanering. I intervjuer har det framkommit varierad syn och inställning till ett förändrat arbetssätt. Ett krav för implementering av processen är att produktionsledningen är villig att testa andra metoder med ny teknik.

Vid modellbaserad mängdavtagning krävs det mycket noggrann kontroll av byggdelarnas litterering och att kopplingen mellan kalkylposter och mängder för byggdelar utförs korrekt. Om inte egenkontroller utförs kontinuerligt finns det stor risk att information förloras mellan stegen i arbetsprocessen. En nackdel kan vara att arbetsprocessen är tidskrävande, innan de inblandade har fått in en rutin för arbetet.

Vico Office är den programvaran som har använts och utvecklingen av programmet har pågått fortlöpande under tiden för studien. I skrivande pågår fortfarande utveckling av programmet, det är främst LBS indelningen och redovisningen för mängdavtagning som måste förbättras.

För att få en rättvis utvärdering av arbetsprocessen bör ett antal testprojekt genomföras, där sedan synpunkter och förslag används för en eventuell revidering eller förkastning av arbetsprocessen.

6 DISKUSSION

Examensarbetets forskningsfrågor diskuteras.

Forskningsfråga I

Hur ser processen för produktionsplaneringen ut idag?

Idag på Veidekke arbetar man traditionellt med produktionsplanering. Mängder hämtas manuellt från ritningar eller om möjligheten finns, från 3D-modeller. När man erhållit mängderna kan arbetet med produktionskalkylen och produktionstidplanen inledas. För att göra kalkylen används programmet Microsoft Excel och för tidplaner används PlanCon, Microsoft Excel och Microsoft Project.

Det som kanske skiljer Veidekke åt från andra byggföretag är att de inte har någon standardkalkyl med färdiga recept för byggdelar. Det kan vara en nackdel för ny personal kommer in i organisationen. När ny personal anställs kan det ta tid att bygga upp den kunskap som krävs för att utföra kalkylarbetet.

Tidigare har det inte existerat något program som klarar av att hantera hela kedjan från BIM till en detaljerad produktionstidplan och produktionskalkyl, det kan vara en anledning till att man fortfarande arbetar traditionellt. På senare tid har det dykt upp program som klarar av att hantera hela kedjan, här ser Veidekke en möjlighet att effektivisera informationsflödet. Genom att börja använda anpassade programvaror är förhoppningen att effektivisering kan ske för produktionsplanering. Trots att de nya programmen är intelligenta krävs det fortfarande stor kunskap om hur byggprojekt drivs för att rätt information ska genereras.

I dagsläget uppför Veidekke tidplaner med metoden gantt, se *kapitel 3.3*. Det skulle vara med fördel att byta metod till lägesbaserad tidplanering, LoB, se *kapitel 3.4*. Dels för att det är lättare att optimera tidplanen, samt att det blir lättare att se flödet.

Författarna anser att en ny metod krävs för att ta tillvara på den information som har genererats i projekteringsskedet. Idag utnyttjas inte informationen i BIM till dess fulla kapacitet då den inte används till produktionen. Om den framtagna alternativa arbetsprocessen implementeras för att använda informationen från BIM till produktionsplaneringen, skulle både tid och pengar kunna sparas. Detta på grund av att informationen redan finns i BIM, och inte behöver tas fram på nytt, som t.ex. mängder för byggdelar.

Forskningsfråga II

Hur kan en framtida arbetsprocess som kopplar ihop projektering och produktionsplanering se ut?

BIM exporteras till Vico Office, en LBS upprättas och platsbaserade mängder exporteras till referenskalkylen. Kalkylen kompletteras med kalkylposter och enhetspriser. Koppling sker därefter mellan kalkyl och referensaktivitetslistan, enhetstider införs för varje aktivitet. AIL exporteras till tidplaneringsverktyget, där resurser tillsätts och beroende mellan aktiviteter anges.

I det första försöket stämde inte littereringen i BIM överens med benämningen av kalkylposter i kalkylen. I det andra försöket hade arkitekten och konstruktören följt den fördefinierade standard bättre. Det underlättade arbetet med att koppla kalkylposterna med mängderna från byggdelarna i modellen. Att följa en standard vid litterering underlättar även förståelsen för vad varje byggdel är för typ. Projektet som behandlades i det första försöket var Elektronen och det var bland de första projekt som projekterats med VDC, det kan vara en av anledningarna till varför littereringen var sämre utförd. I det andra försöket var littereringen bättre utförd, en anledning kan vara att styrningen av konsulter har blivit bättre, samtidigt som Veidekkes personal har fått en viss grad av erfarenhet när det gäller VDC projektering.

För den alternativa arbetsprocessen krävs ett nytt tidplaneringsverktyg, företaget har börjat utbilda anställda i det nya programmet. Men för att det ska få genomslag krävs det att personer är villiga att pröva något nytt. För att steget mellan det gamla och nya programmet inte ska bli för stort bör den rullande tidplanen fortfarande upprättas i Microsoft Excel. Författarna anser att det finns stora fördelar med att börja använda den nya arbetsprocessen för att; tider, kostnader och mängder är baserade på faktiska värden, snarare än på erfarenhet. Därigenom kommer kunskapen finnas i större grad inom företaget och inte som idag, hos enstaka individer.

Forskningsfråga III

Hur kan man tillämpa den framtagna arbetsprocessen i praktiken?

De första stegen i arbetsprocessen utförs förslagsvis av en VDC-ingenjör, från det att BIM har inhämtas till och med att AIL exporterats till tidplaneringsverktyget. Efter att alla aktiviteter med tillhörande information införts i tidplanen sker en överlämning till produktionsledningen. Arbetet som är kvar för att färdigställa tidplanen är att bestämma starttid, resurser och beroenden för alla aktiviteter, till dess att tidplanen är komplett.

En fördel med att bedriva produktionsplaneringen med den nya arbetsprocessen är att momenten sitter ihop som en kedja. Om en ändring sker för en mängd i modellen, ändras den automatiskt i hela projektet, t.ex. tidplan och kalkyl. Det finns risker med att allt sker automatiskt, planeraren kan få en för hög tillit för programmet och glömma att göra egenkontroller.

Arbetet som utförs i Vico Office, bör förslagsvis genomföras av en VDC-ingenjör eller en entreprenadingenjör. Det krävs fortsatt utveckling av programmet då det idag inte är helt komplett. I skrivandet stund finns det ingen bra metod för att plocka ut mängder till produktionen. Författarna ser stora förbättringsmöjligheter inom detta område och ett förslag på en rapportmall har överlämnats till Vico Software, se *bilaga 8.4*.

I tidplaneringsverktyget är det möjligt att avläsa mängder för varje aktivitet och dess läge. Den typ av mängd som visas beror på vilken kalkylpost som kopplats till aktiviteten i Vico Office. I inledande testprojekt är det viktigt att hålla sig på en lämplig detaljeringsgrad, risken finns annars att det blir svårtydligt och tungjobbat. De rullande tidplanerna bör förslagsvis planeras i gantt-format för att steget inte ska bli för stort inledningsvis. Genom att använda tidplaneringsverktyget för att ta ut mängder kan det användas som ett hjälpmedel för inköp och leveransplaner.

När tidplaneringsprogrammet är nytt för planeraren, bör tidplanen och dess aktiviteter vara på en relativt grov detaljnivå. Om det blir för detaljerat finns det en risk att arbetet med tidplanen blir alltför tidskrävande. Det kan medföra att planeraren går tillbaka till gamla metoder, pågrund av att arbetsbördan blir för stor. Därför tycker författarna att det kan vara klokt att i början lägga sig på en grov detaljnivå för att inte avskräcka nya användare.

För att den alternativa arbetsprocessen ska vara möjlig att applicera krävs det att entreprenadformen är av den art, att Veidekke kan styra projekteringen och sätta krav på konsulter. För konsulterna sätter Veidekke upp krav på hur BIM ska utformas och vilken information som ska finnas med. Då det finns möjlighet att styra projekteringen kan det vara lättare att upptäcka fel i modelleringen under arbetets gång, och på så vis kan åtgärder vidtas. Författarna anser att styrning och krav är av stor vikt för att förenkla arbetet med produktionsplaneringen, enligt den alternativa arbetsprocessen.

För att underlätta arbetet i testprojekten bör de inblandade få utbildning och support. Författarnas tanke och förhoppning med manualen är att den ska kunna användas som ett hjälpmedel för produktionsplaneringen i Vico Office.

6.1 Förslag på framtida forskning

Nedan pressenteras förslag på framtida forskning inom ämnet byggproduktion.

- Laser scanning av renoveringsobjekt – Undersöka hur laserscanning av renoveringsobjekt kan underlätta projekteringen vid om- och tillbyggnadsprojekt.

- Byggtekniska detaljer i produktionen – Ta fram en teknisk lösning för att kunna visualisera byggtekniska lösningar digitalt i produktionen.

- Konvertering av tidplaner från gantt till line of balance – Utforma en metod för hur man kan på ett strukturerat och bra sätt bygga om en gantt-tidplan till formen Line of Balance. För att eventuellt kunna se möjligheter till optimering av tidplanen.

- Hur ska man tillämpa uppföljning för line of balance planerade projekt – Ta reda på hur man bäst utför uppföljning för projekt med Line of Balance.

7 REFERENSER

Nedan presenteras de referenser som använts i studien.

7.1 Tryckta källor

Andersson, N. & Borgbrant, J. (1998). *Byggforskning.* Forskningsrapport. Luleå, Luleå tekniska universitet, Institutionen för Väg- och vattenbyggande. (1998:11 – ISSN: 1402-1528 – ISRN: LTU-FR--98/11--SE)

Andersson, H. & Rosberg, O. (2010). *Utveckling av tidsplanering på JM.* Examensarbete. Luleå, Luleå tekniska universitet, Institutionen för samhällsbyggnad, Avdelningen för Arkitektur och Infrastruktur. (2010:142 CIV - ISSN: 1402-1617 - ISRN: LTU-EX--10/142--SE)

Backman, J. (1998). *Rapporter och uppsatser.* Lund, Studentlitteratur. (ISBN: 91-44-00417-6)

Davidson, B. & Patel, R. (1994). *Forskningsmetodikens grunder.* Lund, Studentlitteratur. (ISBN: 91-44-30952-X)

Forss, A. & Norberg, H. (2006). *4D CAD och Line of Balance för effektivt betongbyggande.* Examensarbete. Luleå, Luleå tekniska universitet, Institutionen för samhällsbyggnad, Avdelningen för Byggkonstruktion. (2006:021 CIV - ISSN: 1402-1617 - ISRN: LTU-EX--06/021—SE)

Jongeling, R. (2008). BIM istället för 2D-*CAD i byggprojekt.* Forskningsrapport. Luleå, Luleå tekniska universitet, Institutionen för samhällsbyggnad, Avdelningen för Byggkonstruktion. (2008:04 ISSN: 1402-1528 - ISRN: LTU-FR--08/04--SE)

Josephson, P-E. & Saukkoriipi, L. (2005). *Slöseri i byggprojekt.* Forskningsrapport. Göteborg, Sveriges Byggindustrier, FoU-Väst. (ISSN 1402-7410)

Lundkvist, R. & Martinell, M. (2009). *Flödesbaserad planering och produktionsberedning i husbyggnadsprojekt.* Examensarbete. Luleå, Luleå tekniska universitet, Institutionen för samhällsbyggnad, Avdelningen för Arkitektur och Infrastruktur. (2009:024 CIV - ISSN: 1402-1617 - ISRN: LTU-EX--09/024--SE)

Nordstrand, U. (2006). *Byggprocessen.* Tredje upplagan. Stockholm, Liber. (ISBN: 978-91-47-01169-8)

Nordstrand, U. & Révai, E. (2008). *Byggstyrning.* Tredje upplagan. Stockholm, Liber. (ISBN: 978-91-47-05082-6)

Tonnquist, B. (2007). *Projektledning.* Andra upplagan. Stockholm, Bonnier utbildning. (ISBN:978-91-622-8046-8)

7.2 Elektroniska källor

ASHRAE. (2010). *An Introduction to Building Information Modeling (BIM).* Guide. URL: http://todaysfacilitymanager.com/facilityblog/wp-content/uploads/bim_guide.pdf (läst 2011-05-12)

Bergh, Å. & Persson, M. *Planering av bygg- och anläggningsprojekt.* Kursmaterial. URL: http://www.bekon.lth.se/fileadmin/byggnadsekonomi/Planering/Kursmaterial/Planering-2003-03-10.pdf (läst 2011-05-13)

Birgersson, B. (2001). *Byggprocessen.* Utbildningsmaterial. Sveriges byggindustrier. URL: http://www.bygg.org/files/publikationer/arbetsmilj%F6/Byggprocessen_2006.pdf (läst 2011-05-04)

Kenley, R. & Seppänen, O. (2009). *Location-Based Management of Construction Project.* Utdrag från Winter Simulation Conference (WSC). URL: http://www.informs-sim.org/wsc09papers/247.pdf (läst 2011-05-10)

Kunz, J. & Fischer, M. (2009). *Virtual Design and Construction: Themes, Case Studies and Implementation Suggestions.* CIFE Working Paper #097 Version 10: October 2009 URL: http://cife.stanford.edu/online.publications/WP097.pdf (läst 2011-02-24)

Yaowu, W. & Qingpeng, M. (2008). *Research on construction control based LOB for virtual construction.* Rapport. Harbin, Harbin institute of technology, School of management. URL: http://www.tbher.org/index.php/bher/article/viewFile/11/6 (läst 2011-01-25)

7.3 Webbsidor

12 Mange. (2011). *Gant-schema.* Webbplats. URL: http://www.12manage.com/methods_gantt_chart_sv.html (läst 2011-01-25)

Eeastman, C. (2009). *Building Information Modeling.* Webbplats. URL: http://bim.arch.gatech.edu/?id=402 (läst 2011-02-11)

Hindersson, P. (2010) *Veidekke satsar brett på BIM.* Byggindustrin URL: http://www.byggindustrin.com/teknik/veidekke-satsar-brett-pa-bim__7610 (läst 2011-02-24)

Snook, K. (2009). *Building Information Modelling.* Webbplats. URL: http://www.cpic.org.uk/en/current-projects/bim/building-information-modelling.cfm (läst 2011-02-11)

7.4 Otryckta källor

Jongeling, R. & Olofsson, T. (2010). *Building information modelling*. Föreläsning. LTU Intranät. (läst 2011-01-25)

7.5 Muntliga källor

Andersson, Stefan. Veidekke Bygg Stockholm, Platschef. Intervju, Stockholm 2011-03-03

Falkgren, Per. Veidekke Bygg Stockholm, Entreprenadingenjör. Intervju, Stockholm 2011-02-21

Lilliesköld, Mikael. Veidekke Bygg Stockholm, Platschef. Intervju, Stockholm 2011-02-14

7.6 Observationer

Kv Dorabella. Projekteringsmöte med ICE. Stockholm, 2011-01-28

Kv Trappgaveln. Projekteringsmöte med ICE. Stockholm, 2011-01-26

Utvecklingsmöte med Vico Software. Stockholm, 2011-03-01

Utvecklingsmöte med Vico Software. Stockholm, 2011-03-08

7.7 Övriga möten

Brainstormning VDC, Trappgaveln. Stockholm, 2011-03-18

Produktionsinfo och behovsdiskussion, Trappgaveln. Stockholm, 2011-03-24

Produktionsinfo och behovsdiskussion, Trappgaveln. Stockholm, 2011-04-29

Presentation av arbetsprocess, Trappgaveln. Stockholm, 2011-05-26

Möte angående testprojektet Trappgaveln, Kista gård. Stockholm, 2011-05-30

8 BILAGOR

8.1 Bilaga 1 – Intervjufrågor 1

Inledning:

Vad har du för utbildning?

Hur många år har du jobbat i branschen?

Hur länge har du jobbat på Veidekke?

Vilka är dina arbetsuppgifter?

I vilket skede kommer du in i projektet?

Frågor:

Hur gör du när du planerar traditionellt, med gantt?

När kom du för första gången i kontakt med line of balance?

Har du gått några interna utbildningar i företaget när det gäller tidplanering?

- Line of balance, gantt

Varför valde du att planera ditt nuvarande projekt med line of balance?

Hur gör du när du planerar med line of balance?

- Var tog du indata ifrån? från BIM modellen eller annat, varför?
- Vilka aktiviteter valde du att ha med och varför just dessa?
- Gjorde du ett gantt-schema innan du började med line of balance?
- Hur planerar du med resurser?

Vilka fördelar/nackdelar ser du med line of balance?

Vilken reaktion har du fått från yrkesarbetarna respektive underentreprenörer när det gäller line of balance?

Hur jobbar du med arbetssättet MI när det gäller tidplanering?

Hur jobbar du med avstämning?

Hur avropar du material, plan, lägenhet, trapphus etc?

Hur jobbar du med rullande tidplan?

Hur jobbar du med veckotidplaner?

Hur funkar det med ackordlistor?

Strukturerad produktion? Har Veidekke en struktur när det gäller uppförande av projekt?

Vad tror du skulle behövas för att användandet av VDC ska slå igenom?

Hur tror du det kommer att se ut i framtiden när det gäller tidplanering och VDC?

8.2 Bilaga 2 – Intervjufrågor 2

Inledning:

Vad har du för utbildning?

Hur många år har du jobbat i branschen?

Vilka är dina arbetsuppgifter?

Hur länge har du jobbat på Veidekke?

I vilket skede kommer du in i projektet?

Interna utbildningar i företaget när det gäller tidplanering?

Frågor:

Hur gör du när du planerar traditionellt, med gantt?

Hur gör du när du sätter upp en tidplan?

- Var tog du indata ifrån?

Vilka fördelar/nackdelar ser du med gantt?

Hur jobbar du med arbetssättet MI när det gäller tidplanering?

Hur jobbar du med avstämning?

Hur jobbar du med rullande tidplan?

Hur fungerar det med ackordlistor?

Strukturerad produktion?

Hur avropar du material, plan, lägenhet, trapphus etc?

Har du kommit i kontakt med begreppet line of balance och virtual design and construction?

Varför använder du gantt istället för line of balance?

Vad tror du skulle behövas för att användandet av virtual design and construction ska slå igenom?

Hur tror du det kommer att se ut i framtiden när det gäller tidplanering och virtual design and construction?

8.3 Bilaga 3 – Intervjufrågor 3

Inledning:

Vad har du för utbildning?

Hur många år har du jobbat i branschen?

Hur länge har du jobbat på Veidekke?

Vilka är dina arbetsuppgifter?

I vilket skede kommer du in i projektet?

Frågor:

Hur kommer ni att gå tillväga när det gäller tid- och produktionsplanering?

Vilka är inblandade i planeringsprocessen?

Kommer ni att använda dig av gantt eller line of balance, eller en kombination? motivera.

Var kommer ni ta informationen som kommer att ligga till grund för tidplanen?

Hur får ni fram kvantiteten av byggnadsmaterialen?

- Från modellen eller manuellt (skalstock)?

Hur använder ni enhetstider?

Har du kommit i kontakt med line of balance?

Har du gått några interna utbildningar i företaget när det gäller tidplanering?

- Line of balance, gantt

Vilka fördelar/nackdelar ser du med line of balance?

Vilka fördelar/nackdelar ser du med gantt?

Hur kommer ni att jobba med arbetssättet MI?

Hur jobbar du med avstämning?

Hur avropar du material, plan, lägenhet, trapphus etc?

Hur jobbar du med rullande tidplan?

Hur funkar det med ackordlistor?

Strukturerad produktion? Har Veidekke en struktur när det gäller uppförande av projekt?

Vad tror du skulle behövas för att användandet av virtual design and construction ska slå igenom?

Hur tror du det kommer att se ut i framtiden när det gäller tidplanering och virtual design and construction?

8.4 Bilaga 4 – Rapportmall för mängdavtagning

Läge enligt indelningen i LBS				
Byggdel (namn)	**Antal (st)**	**Längd (m)**	**Area (m^2)**	**Volym (m^3)**
2D/3D-BILD ÖVER LÄGE				

2011-06-17
Version 2

Manual för produktionsplanering i Vico Office

Innehåll

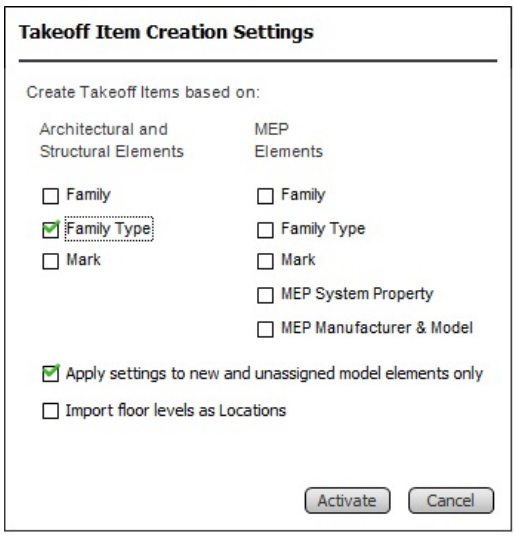
1 Skapa ett projekt 1
2 Importera modeller 1
3 Upprätta en Location Breakdown Structure 2
3.1 Alternativ 1, Planvis 2
3.2 Alternativ 2, Trapphusvis 6
3.3 Alternativ 3, Dubbel Location breakdown structure 10
3.4 Generellt 12
4 Importera referenskalkyl 14
5 Importera referensaktivitetslista 15
6 Sortera aktiviteter i Vico 16
7 Koppla kalkyl mot aktivitetslistan 17
8 Tidplaneringsverktyget 18
8.1 Generellt 21
9 Nya filter i tidplaneringsverktyget 23
10 Egenkontroll av tidplan 23

1 Skapa ett projekt

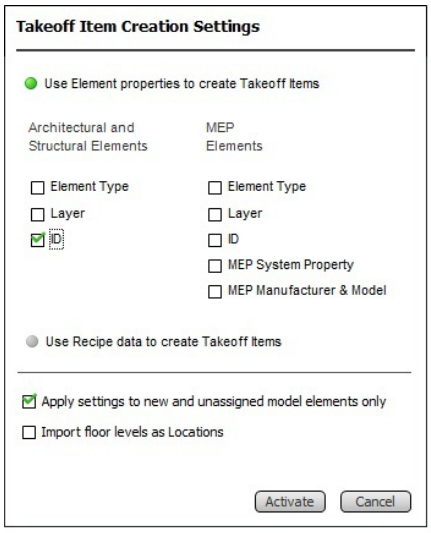
Börja med att skapa ett nytt projekt i Vico Office, tänk på att definiera vilka SI-enheter projektet ska använda.

2 Importera modeller

Exportera modeller för A och K till det nya projektet. Förslagsvis aktiveras endast K-modellen, då kan det bli väldigt tungarbetat med både A och K aktiverade samtidigt. Vid aktivering av modellen kommer en ruta upp, den ser olika ut beroende på vilket program som modellen är exporterad från.



Figur 1 För Autodesk Revit Architecture.



Figur 2 För Graphisoft ArchiCAD.

3 Upprätta en Location Breakdown Structure

Indelningen kan antingen ske genom att projektet delas in i plan och sedan delas varje plan in i trapphus, alternativ 1. Det kan också ske på motsatt sätt, projektet indelas i trapphus och sedan varje trapphus i plan, alternativ 2. Valet av alternativ kommer att påverka hur strukturen av tidplanen blir i tidplaneringsverktyget/Vico Control. Det är därför av stor vikt att veta hur produktionen av byggnaden ska drivas. Nedan beskrivs de två alternativen.

OBS: Läs igenom kapitlet 3.4 Generellt. Innan indelning av projektet.

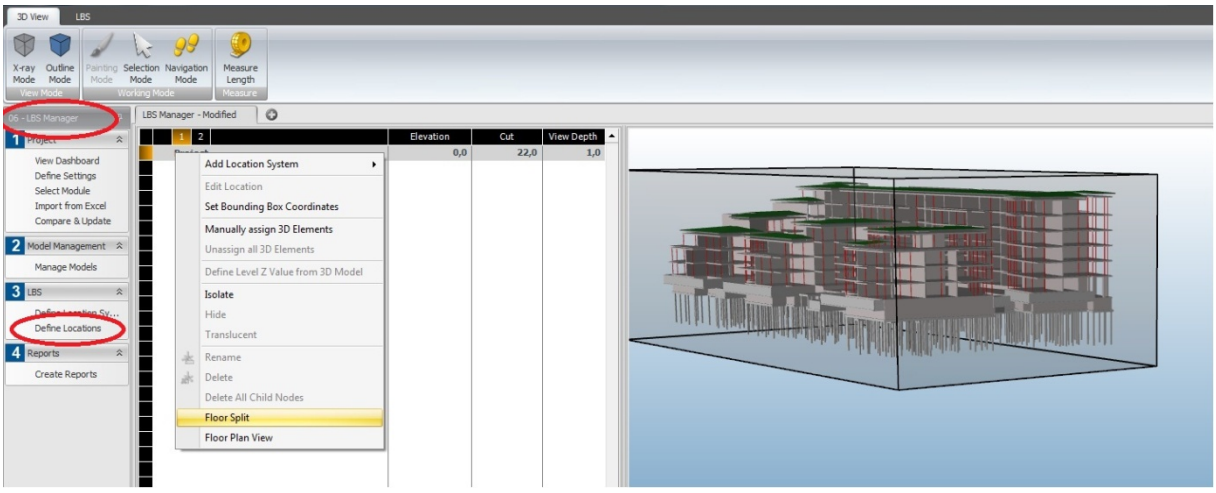
3.1 Alternativ 1, Planvis

Plan 1 byggs i ett svep och sedan börjar plan 2.

Plan 10					
Plan 9					
Plan 8					
Plan 7					
Plan 6					
Plan 5					
Plan 4					
Plan 3					
Plan 2					
Plan 1					
	Trapphus 1	**Trapphus 2**	**Trapphus 3**	**Trapphus 4**	**Trapphus 5**

Figur 3 Produktionsordning, plan.

Gå in i LBS-verktyget genom att högerklicka på det gråa fältet där det står ”Vico Office” och byt modul till ”LBS Manager”, därefter välj ”Define Locations”. Markera projektet i LBS-listan, högerklicka och välj ”Floor Split”.



Figur 4 Floor Split.

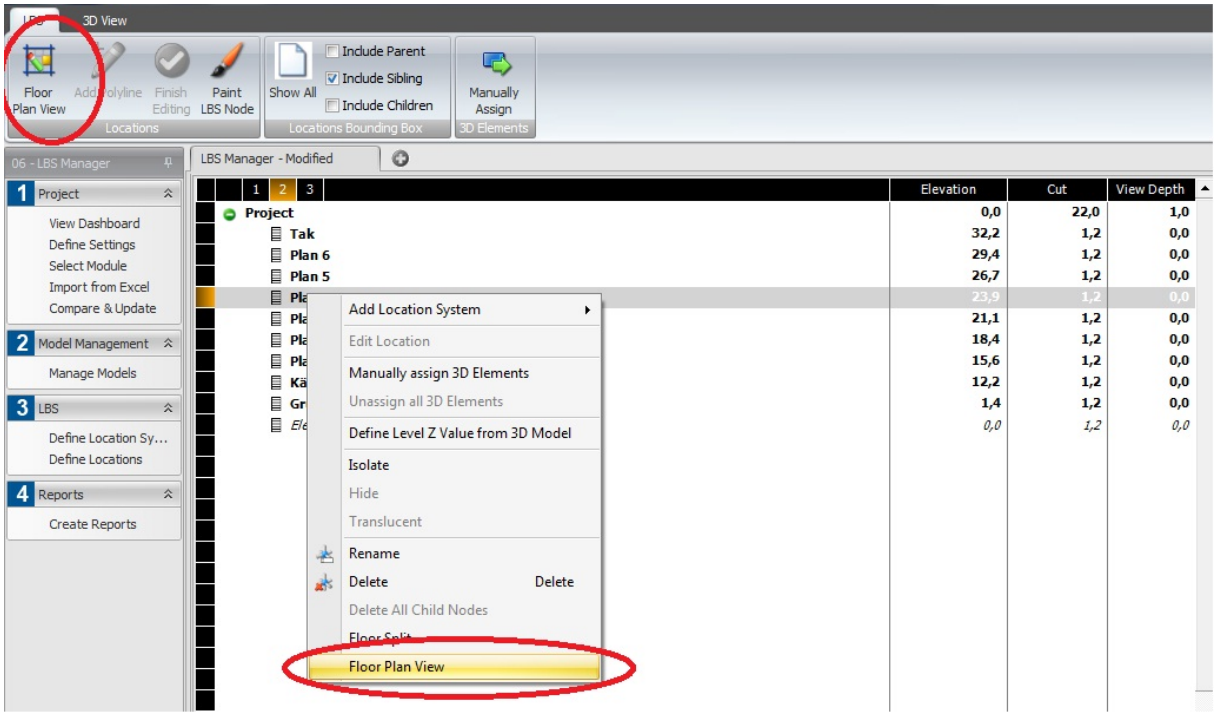
Dela upp modellen i rätt antal plan och namnge planen. Ställ sedan in ”Elevation” på varje plan, den siffra som skrivs in är botten av planet och därmed toppen på föregående plan.

OBS: Avaktivera och aktivera modellen.

Genom att högerklicka på ett läge och välja ”Isolate”, kommer det läget att isoleras och en kontroll kan då ske av indelningen.

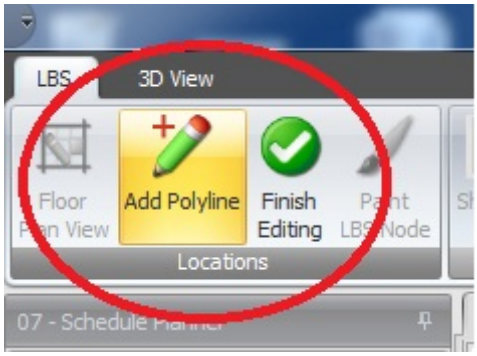
Nu när planen är definierade är det dags att dela in varje plan i trapphus.

Markera ett plan i LBS-listan och tryck på knappen ”Floor Plan View” eller högerklicka och välj ”Floor Plan View”.



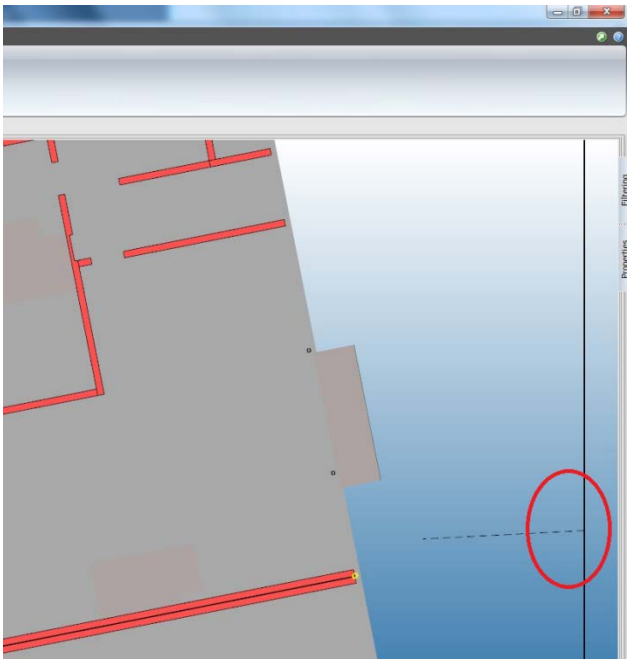
Figur 5 Floor Plan View.

Tryck sedan på knappen ”Add Polyline” och börja dela in trapphusen.



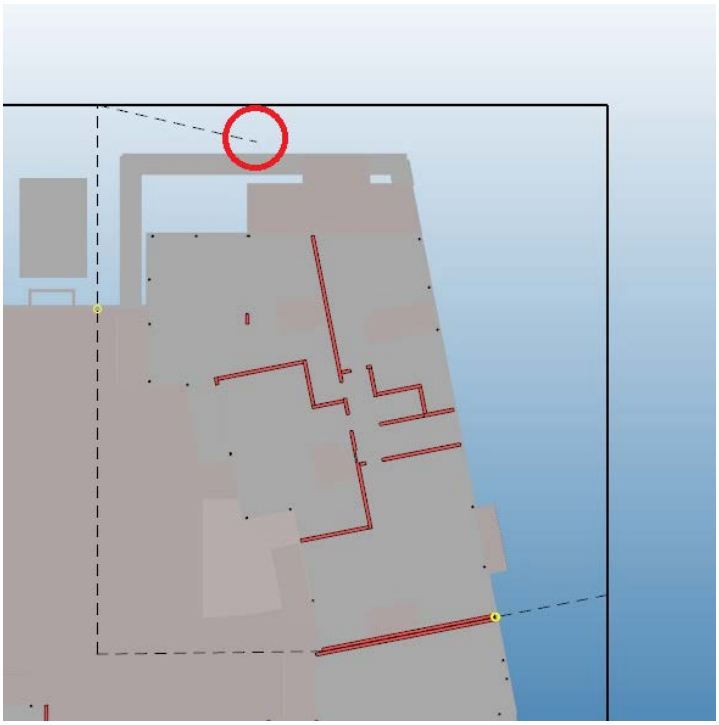
Figur 6 Add Polyline knappen.

Utgå alltid från boxens kant vid indelning av ett läge.



Figur 7 Start av lägesindelning.

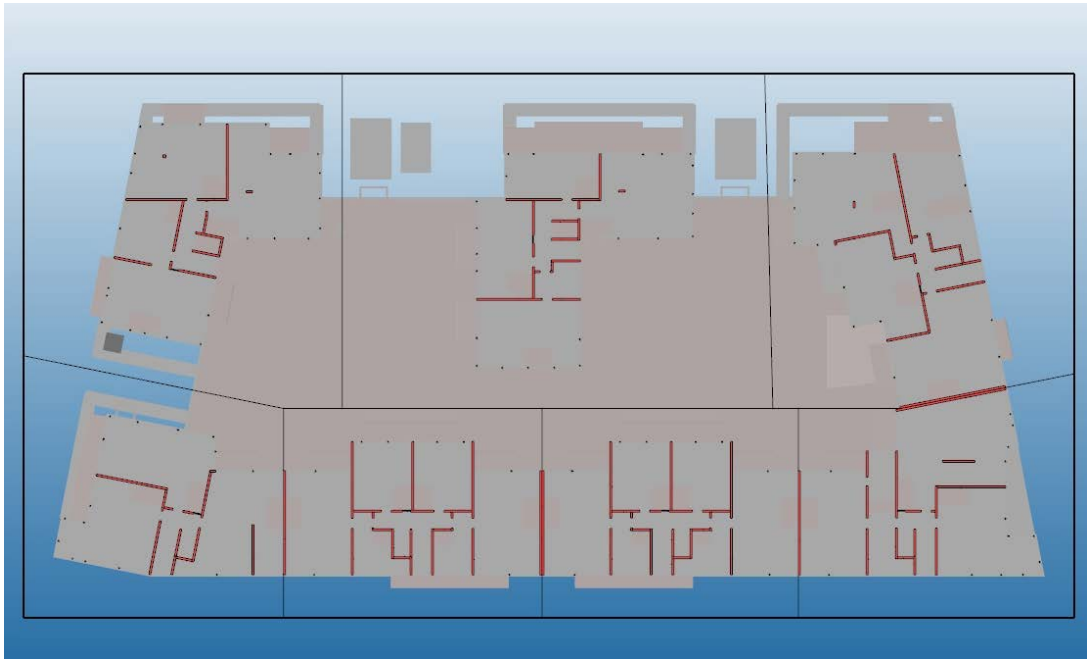
Avsluta lägesindelning genom att trycka enter.



Figur 8 Avsluta lägesindelningen.

Tänk på att vara konsekvent vid indelning av trapphusavskiljande väggar, om du vill ha liknande läge för flera plan. För varje indelning kommer programmet att skapa två nya lägen i

LBS-listan, strunta i detta tillsvidare. Repetera samma procedur för varje plan tills alla plan är indelade i trapphus. Som i *figur 9* är alla lägen trapphus, dvs. det finns inget läge som inte innehåller ett trapphus.



Figur 9 Färdig indelning.

OBS: Avaktivera och aktivera modellen

Radera de platser som INTE är fetmarkerade i LBS-listan och namnge sedan lägen efter trapphusens namn.

LBS Manager - Modified

1 2 3 4	Elevation	Cut	View Depth
Project	**0,0**	**22,0**	**1,0**
Tak	**32,2**	**1,2**	**0,0**
Plan 6	**29,4**	**1,2**	**0,0**
Plan 5	**26,7**	**1,2**	**0,0**
Plan 4	**23,9**	**1,2**	**0,0**
Plan 3	**21,1**	**1,2**	**0,0**
Plan 2	18,4	1,2	0,0
Unnamed (1)	*18,4*	*1,2*	*0,0*
Unnamed (2)	*18,4*	*1,2*	*0,0*
Unnamed (3)	**18,4**	**1,2**	**0,0**
Unnamed (4)	**18,4**	**1,2**	**0,0**
Unnamed (5)	*18,4*	*1,2*	*0,0*
Unnamed (6)	**18,4**	**1,2**	**0,0**
Unnamed (7)	*18,4*	*1,2*	*0,0*
Unnamed (8)	*18,4*	*1,2*	*0,0*
Unnamed (9)	*18,4*	*1,2*	*0,0*
Unnamed (10)	*18,4*	*1,2*	*0,0*
Unnamed (11)	**18,4**	**1,2**	**0,0**
Unnamed (12)	**18,4**	**1,2**	**0,0**
Unnamed (13)	**18,4**	**1,2**	**0,0**
Unnamed (14)	**18,4**	**1,2**	**0,0**
Plan 1	**15,6**	**1,2**	**0,0**
Källare	**12,2**	**1,2**	**0,0**
Grund	**1,4**	**1,2**	**0,0**
Elements with missing location information	*0,0*	*1,2*	*0,0*

Figur 10 Location breakdown structure.

Om taket är lutande, skapas ett separat plan för detta, som ligger ovanför taket. Det är för att programmet inte ska klyva objekt under taket.

Markera sedan taket, högerklicka och välj ”Manual Assign”. Klicka sedan på det översta planet i trapphuset i LBS-listan och tryck enter för att placera taket i det önskade läget.

OBS: Aktivera och avaktivera modellen för att flytten av taket ska gälla.

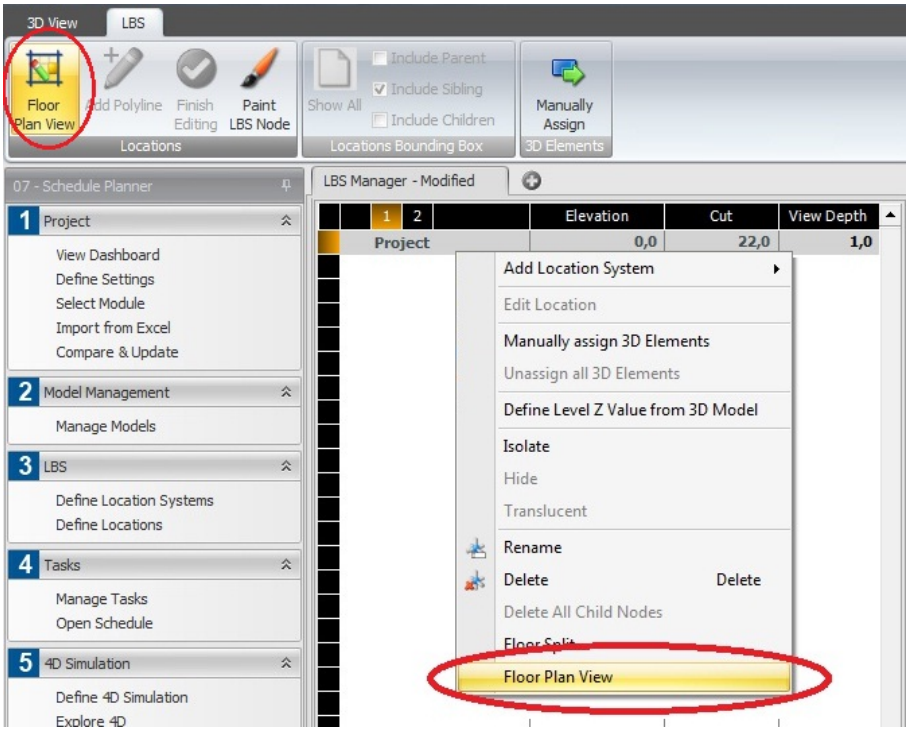
3.2 Alternativ 2, Trapphusvis

Trapphus 1 byggs i ett svep och sedan börjar trapphus 2.

Plan 10					
Plan 9					
Plan 8					
Plan 7					
Plan 6					
Plan 5					
Plan 4					
Plan 3					
Plan 2					
Plan 1					
	Trapphus 1	**Trapphus 2**	**Trapphus 3**	**Trapphus 4**	**Trapphus 5**

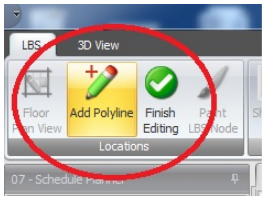
Figur 11 Produktionsordning, trapphus.

Gå in i LBS-verktyget, ”Define Locations”. Markera projektet i LBS-listan, tryck på knappen ”Floor Plan Veiw” eller högerklicka och välj ”Floor Plan View”.



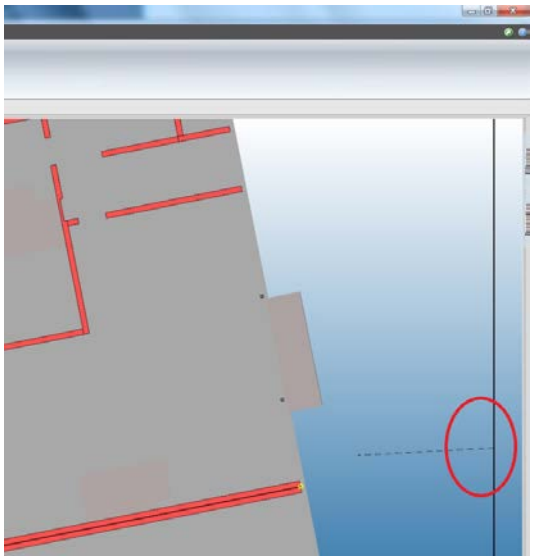
Figur 12 Floor Plan View.

Ställ in ”Cut” och ”View Depth” för att projektets väggar ska synas tydligt. Testa olika värden på ”Cut”, ett tips är att ta den verkliga plushöjden mellan två plan, för att få ett bra snitt. Tryck sedan på knappen ”Add Polyline” och börja dela in det första trapphuset.



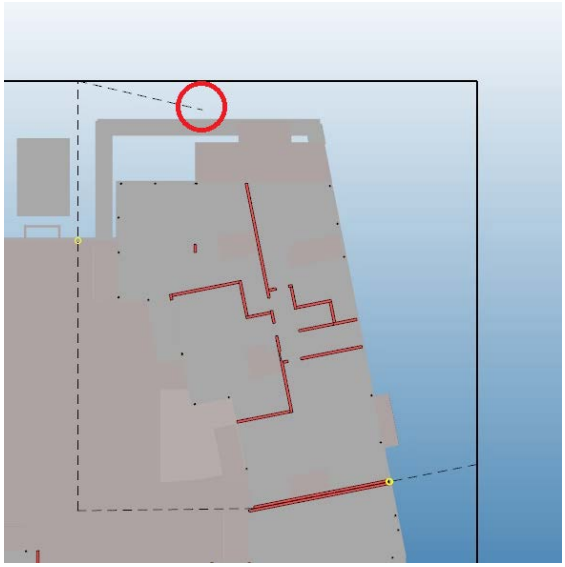
Figur 13 Add Polyline knappen.

Utgå alltid från boxens kant.



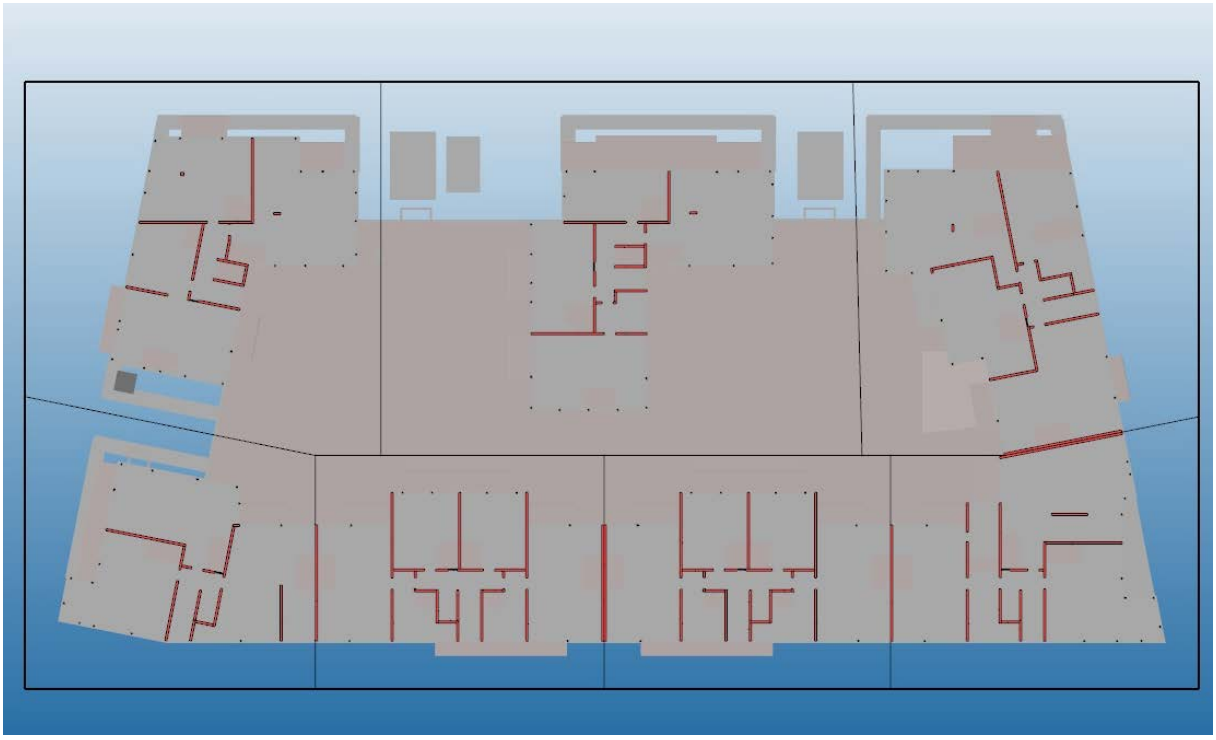
Figur 14 Start av lägesindelning.

Avsluta lägesindelning genom att trycka enter.



Figur 15 Avsluta lägesindelning.

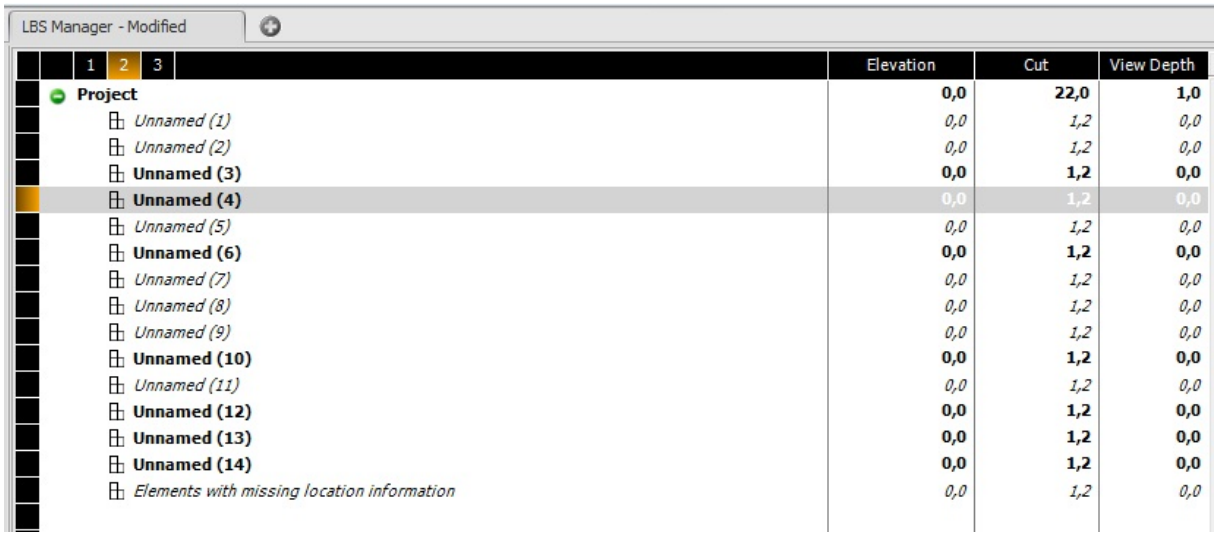
Tänk på att vara konsekvent vid indelning av trapphusavskiljande väggar, om du vill ha liknande läge för flera plan. För varje indelning kommer Vico att skapa två nya lägen i LBS-listan, strunta i detta tills vidare. Dela upp modellen i rätt antal trapphus. Tänk på att hela boxen ska vara indelad i tänkta lägen. Som i *figur 16* är alla lägen trapphus, dvs. det finns inget läge som inte innehåller ett trapphus.



Figur 16 Färdig indelning.

OBS: Avaktivera och aktivera modellen.

Radera de lägen som INTE är fetmarkerade i LBS-listan.



Figur 17 Location breakdown structure.

Namnge lägen efter trapphusen. Högerklicka sedan på ett trapphus i LBS-listan och välj ”Floor Split”. Dela upp varje trapphus i rätt antal plan och namnge planen. Ställ sedan in ”Elevation” på varje plan, den siffra som skrivs in är botten av planet och därmed toppen på föregående plan. Om taket är lutande, skapas ett separat plan för detta, som ligger ovanför taket. Det är för att programmet inte ska klyva objekt under taket.

OBS: Avaktivera och aktivera modellen.

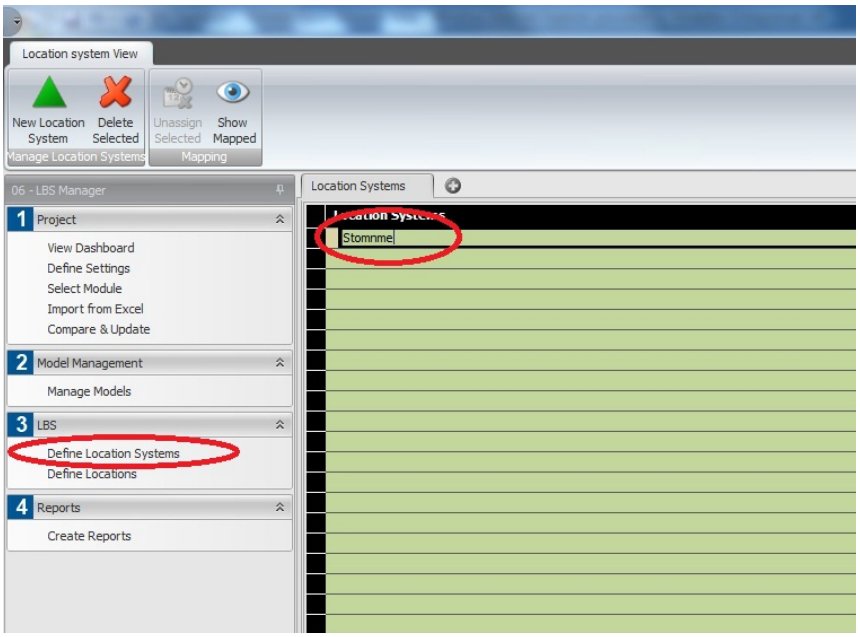
Markera sedan taket, högerklicka och välj ”Manual Assign”. Klicka sedan på det översta planet i trapphuset i LBS-listan och tryck enter för att placera taket i det läget.

OBS: Avaktivera och aktivera modellen för att flytten av taket ska gälla.

3.3 Alternativ 3, Dubbel Location breakdown structure

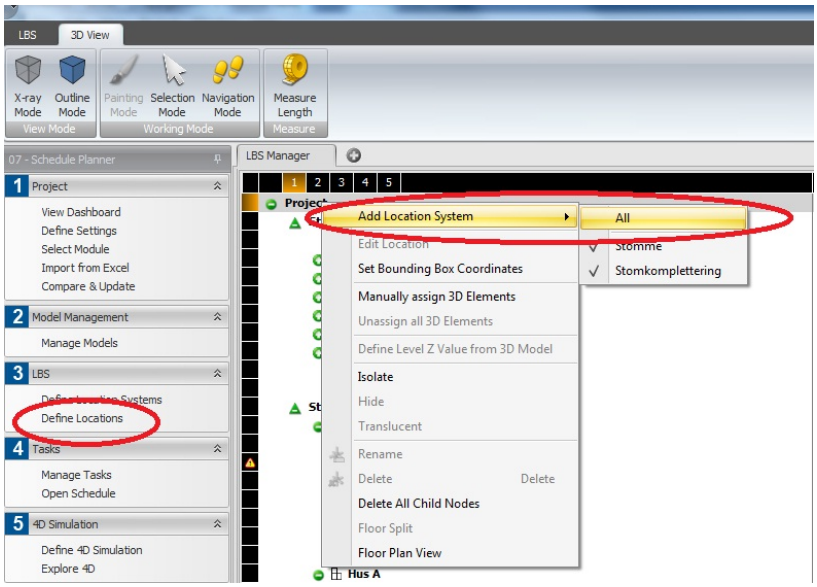
En dubbel LBS, innebär att det blir två olika indelningar för ett och samma projekt. I tidplanen medför det att, det blir två separata lägesindelningar.

Tryck på ”Define Location Systems” och i det gröna fältet, namnge ditt system t.ex. Stomme och Huskomplettering. Skapa så många system som du tänker använda.



Figur 18 Skapa system

Gå sedan in i ”Define Locations”. Högerklicka på ”Project” och välj ”Add Location System”, välj där ”All” eller det system du vill lägga till för projektet.



Figur 19 Lägg till system för projekt.

Nu finns det två system, där du t.ex. kan använda ett system för att dela upp projektet för att driva stommen. Det andra systemet för huskompletteringar.

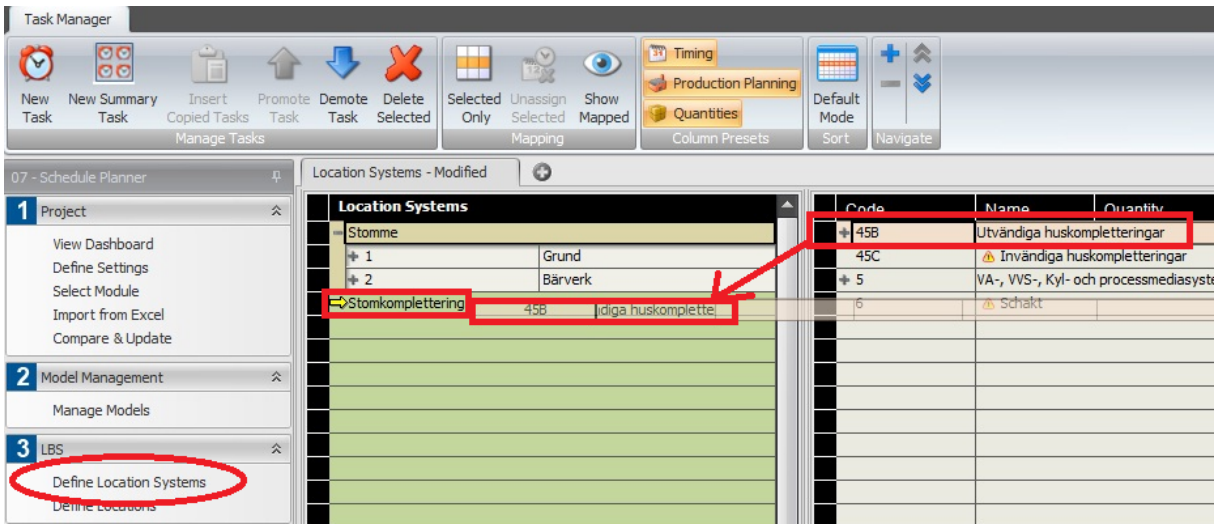
Därefter indelas projektet för båda systemen enlig alternativ 1 eller 2.

Fortsätt sedan med resterande steg i manualen.

OBS: Efter att steg 8 är utfört, utför enligt nedan!

För att rätt aktiviteter ska visualiseras i rätt system i tidplanen, utför enligt nedan.

Gå till ”Define Location Systems” och koppla ihop rätt aktivitet från aktivitetslistan till rätt system.

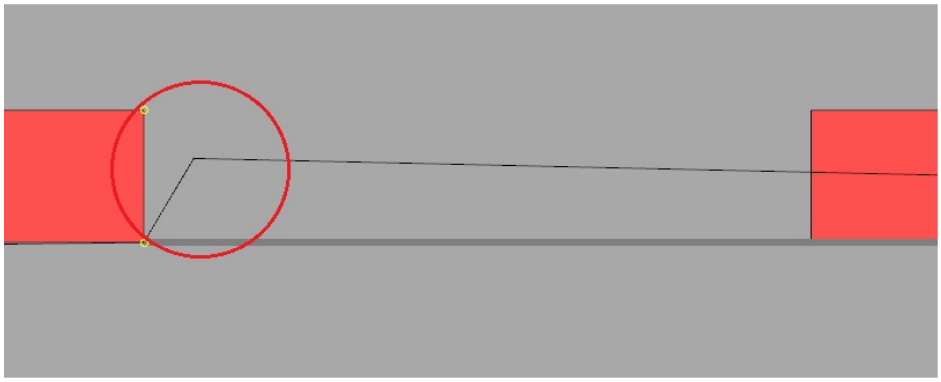


Figur 20 Koppla aktivitet mot ett system.

3.4 Generellt

- När inskrivning av nivåer på plan görs är ett tips att dubbelklicka på läget i LBS-listan och sen använda tab-knappen för att få alla siffror markerade under elevation.

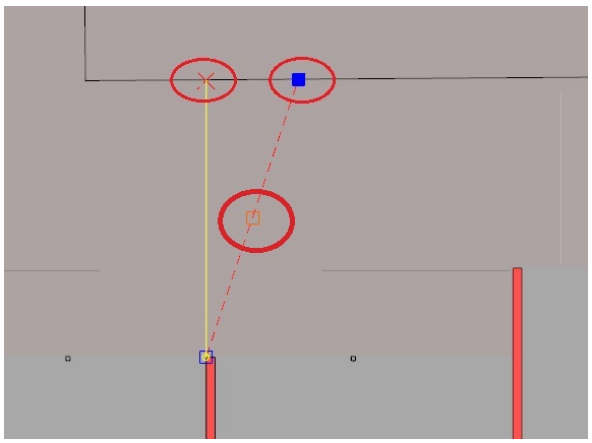
- För att ändra en ritad linje i ”Floor Plan View” finns det tre alternativ. Det första alternativet är att lägga till en fästpunkt på en befintlig linje, genom att högerklicka på linjen och välj ”Add Grip”. Tryck sedan fast linjen på valt ställe. *Figur 21* visar ett hål för en dörr som glömts när indelningen av en lägenhet gjorts.



Figur 21 Ändra linje 1.

Det andra alternativet är att flytta en ändpunkt på linjen. Klicka på den linje som ska flyttas därefter klicka i den blå kvadraten och dra därefter linjen till önskat ställe.

Det tredje alternativet är att flytta linjen parallellt, det görs genom att klicka på den kvadrat som är orange och dra linjen till önskat ställe.

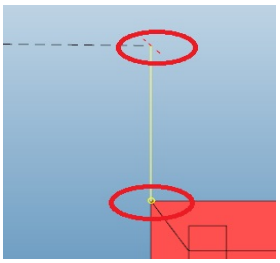


Figur 22 Ändra linje 2.

- Ställ in ”Cut” och ”View Depth” för att projektets väggar ska synas tydligt. Testa olika värden på ”Cut”, ett tips är att ta den verkliga plushöjden mellan två plan, för att få ett bra snitt.

- Tryck INTE delete när siffror ska skrivas in eller ändras, risk för att hela planet/läget försvinner.

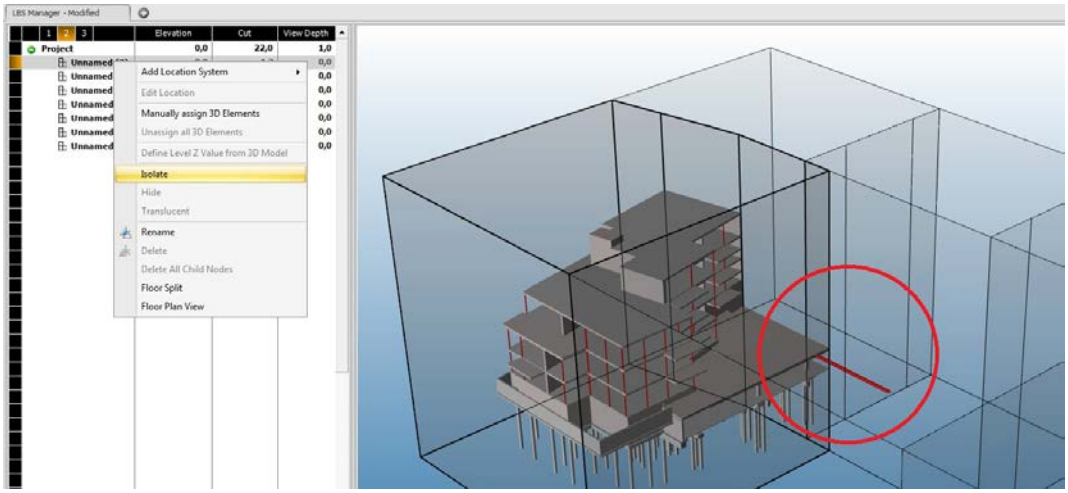
- Genom att hålla markören stilla vid en ”snap-punkt” bildas en hjälppunkt och då kan en hjälplinje visualiseras för att underlätta indelningen.



Figur 23 Hjälplinje.

- Vid trapphusindelning, se till så att hela ”boxen” är indelad i trapphus, det ska inte finns ett ”tomt” läge, se *figur 16*.

- När indelningen är klar, isolera varje läge för att se om det finns någon byggdel som inte ska finnas med i läget. Om så är fallet, att t.ex. en balk sticker ut utanför dt isolerade läget, använd kommandot ”Manual Assign” för att placera balken i rätt läge. Markera objektet, högerklicka och välj ”Manual Assign” eller tryck på knappen ”Manual Assign” uppe i menyn. Klicka därefter på tillhörande läge för att placera objektet i det valda läget.

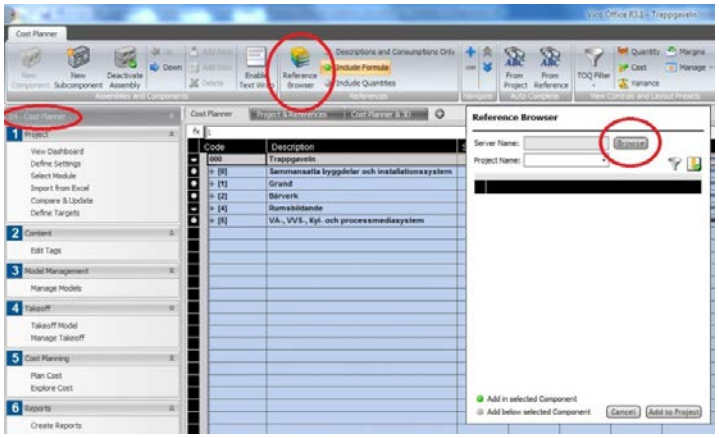


Figur 24 Rätt del på fel plats.

- Ska det vara en annan indelning i t.ex. källaren, måste en ”Floor Split” utföras innan trapphusindelningen sker. Med det menas att ett plan blir källare och det andra planet blir resterande delar av huset.

4 Importera referenskalkyl

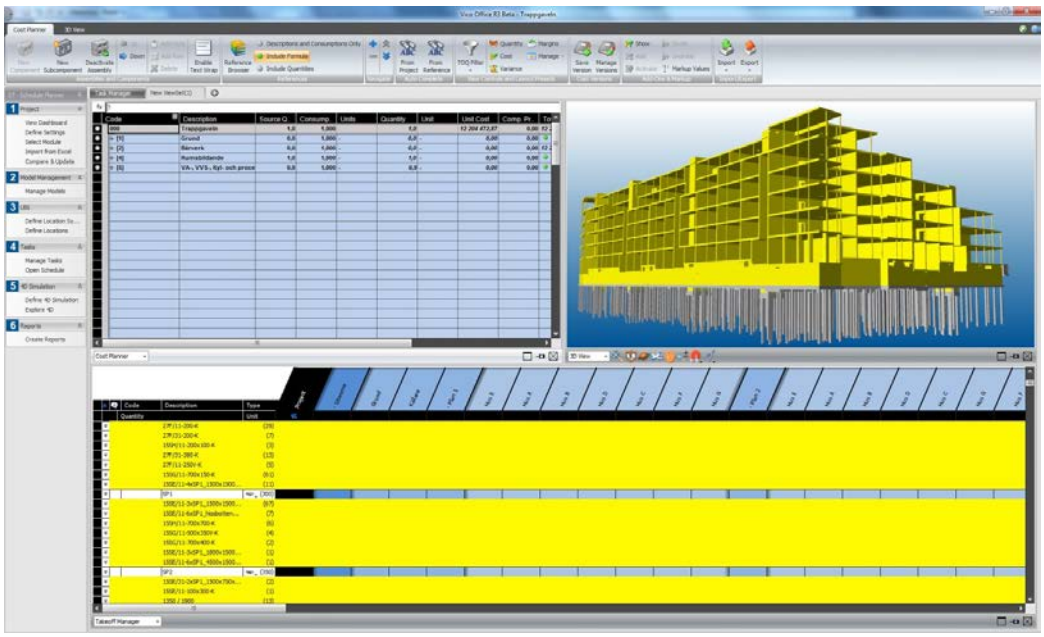
Importera en referenskalkyl till programmet och komplettera kalkylen så att kalkylposterna stämmer överens med projektet. Se även till att länkningar är rätt gjorda och innehåller alla byggdelar som finns i modellen.



Figur 25 Importera referenskalkyl.

OBS: Fyll i rätt enhet i fältet "Unit".

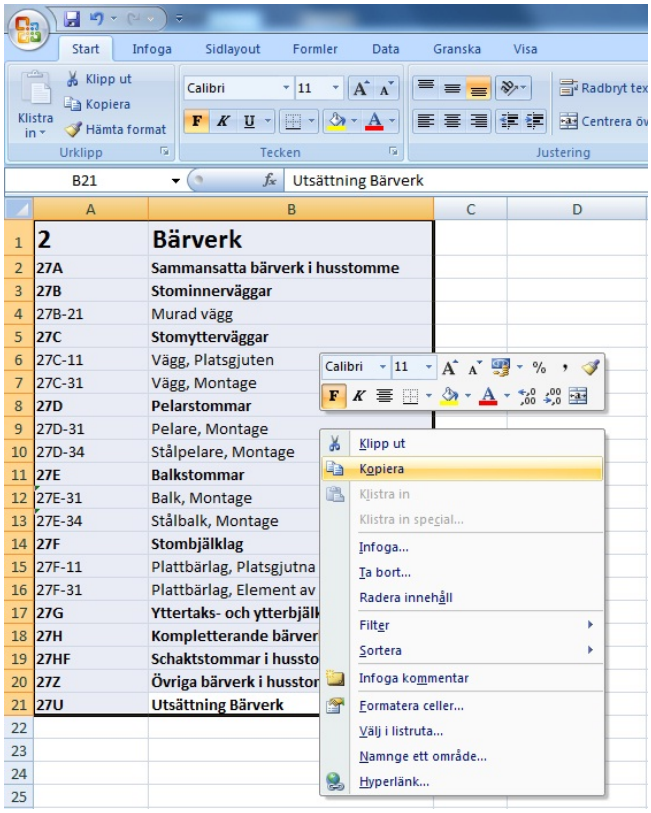
För att kontrollera att alla byggdelar i modellen är kopplad till kalkylen, skapa en ny "Viewset" som består av tre delar. Ena delen "Cost Planer", andra delen "Takeoff Manager" och den tredje delen "3D View". Markera sedan hela kalkylen och kontrollera i "Takeoff Manager" att allt som skall vara med är gulmarkerat. Kontrollera även i modellen att allt som ska vara med är gulmarkerat. Ett tips är att använda box-verktyget i "3D View" för att kontrollera byggdelar inne i modellen.



Figur 26 Kontroll att alla byggdelar är kopplade till kalkylen.

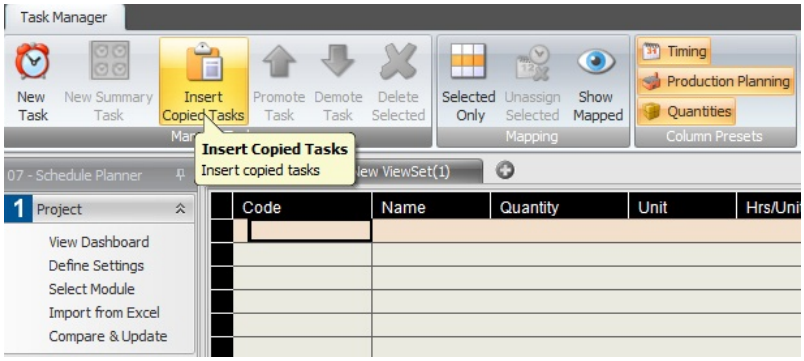
5 Importera referensaktivitetslista

Listan finns att hämta under T:/Programvaror/Vico/Referensaktivitetslista. Markera alla aktiviteter i Excel dokumentet och kopiera. Fetmarkerad text i Excel dokumentet är huvudaktiviteter och koderna är baserad på BSAB-systemet. Aktivitetslistan bör anpassas till det aktuella projektet, samt bestämma vilken detaljnivå listan ska innehålla.



Figur 27 Referensaktivitetslista.

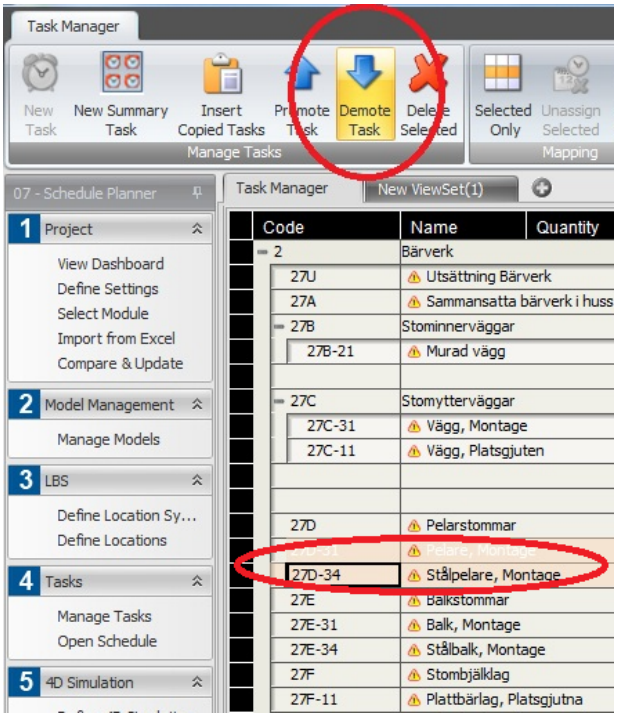
Gå sedan till ”Task Manager” i Vico Office. Markera översta raden och tryck på knappen ”Insert Copied Tasks”.



Figur 28 Importera aktiviteter.

6 Sortera aktiviteter i Vico

Efter importeringen av aktivitetslistan är gjord finns det två alternativ för att sortera listans aktiviteter till huvud- och underaktiviteter. För musen till en aktivitet och håll in vänster musknapp för att flytta och dra aktiviteten till dess respektive huvudaktivitet. Det andra alternativet är att markera en eller flera aktiviteter och tryck på knappen ”Demote Task”.

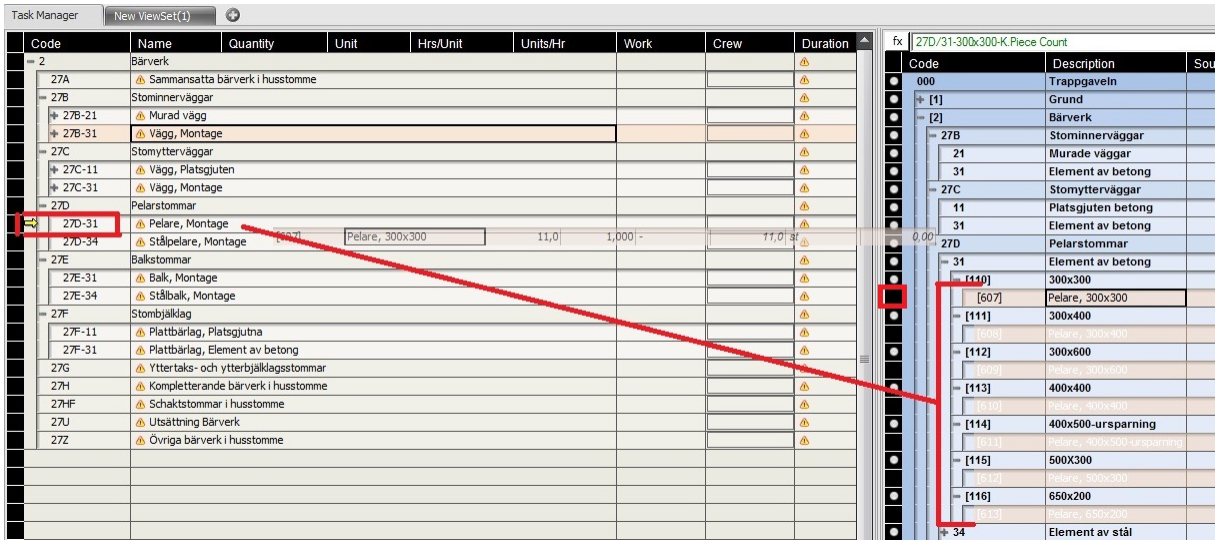


Figur 29 Promote och Demote aktiviteter.

Fyll i eller ta bort aktiviteter i listan tills listan är komplett, det kan antingen utföras i Vico Office eller i Microsoft Excel.

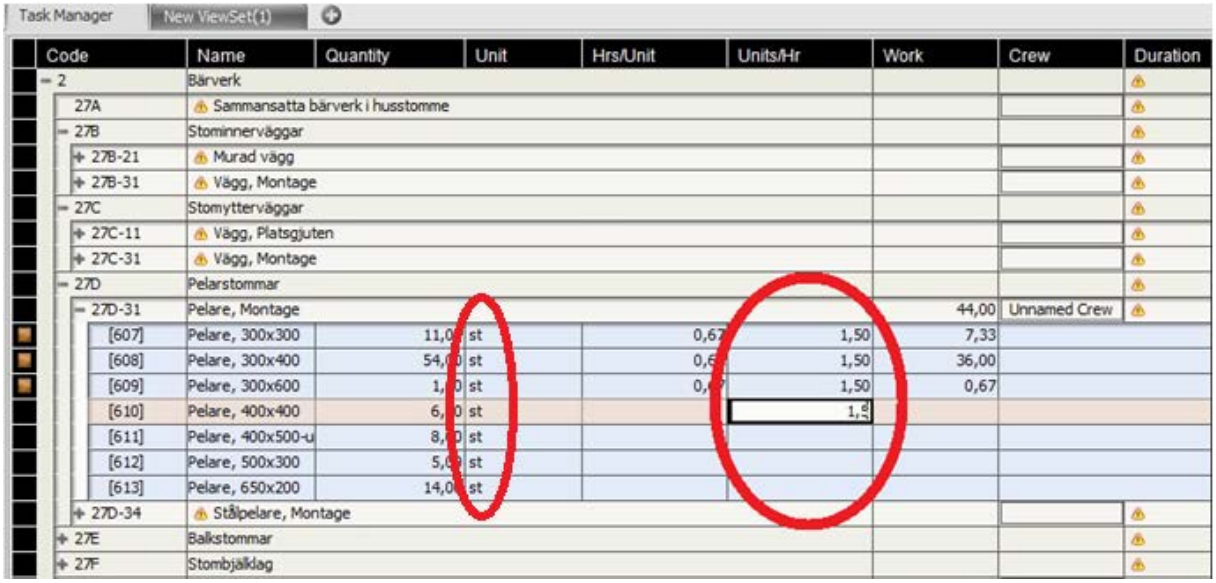
7 Koppla kalkyl mot aktivitetslistan

I ” Task Manager”, koppla valda kalkylposter till rätt aktivitet. Detta utförs genom att markera en eller flera kalkylposter och håll in vänster musknapp på den svarta kvadraten, till vänster om kalkylposten. Släpp sedan musknappen när musmarkören är över den valda aktiviteten.



Figur 30 Koppling mellan kalkyl och aktivitetslista.

För varje kalkylpost som kopplas måste en enhetstid fyllas i. Enhetstiderna finns i regel definierade i en ackordslista. För aktiviteter med odefinierade enhetstider måste en uppskattning ske. Kontrollera att mängderna i aktiviteten har en enhet i aktivitetslistan.



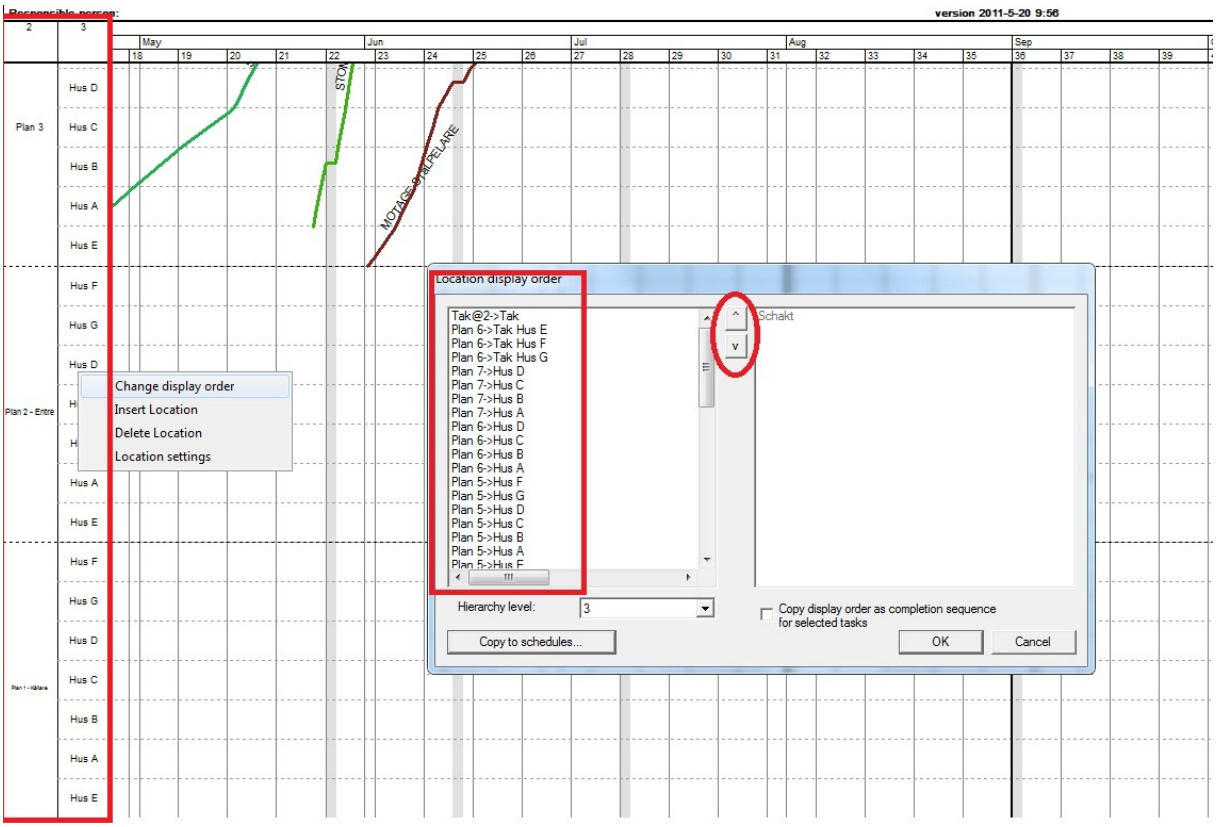
Figur 31 Inför enhetstid.

8 Tidplaneringsverktyget

Öppna ”Schedule Planner” eller Vico Control.

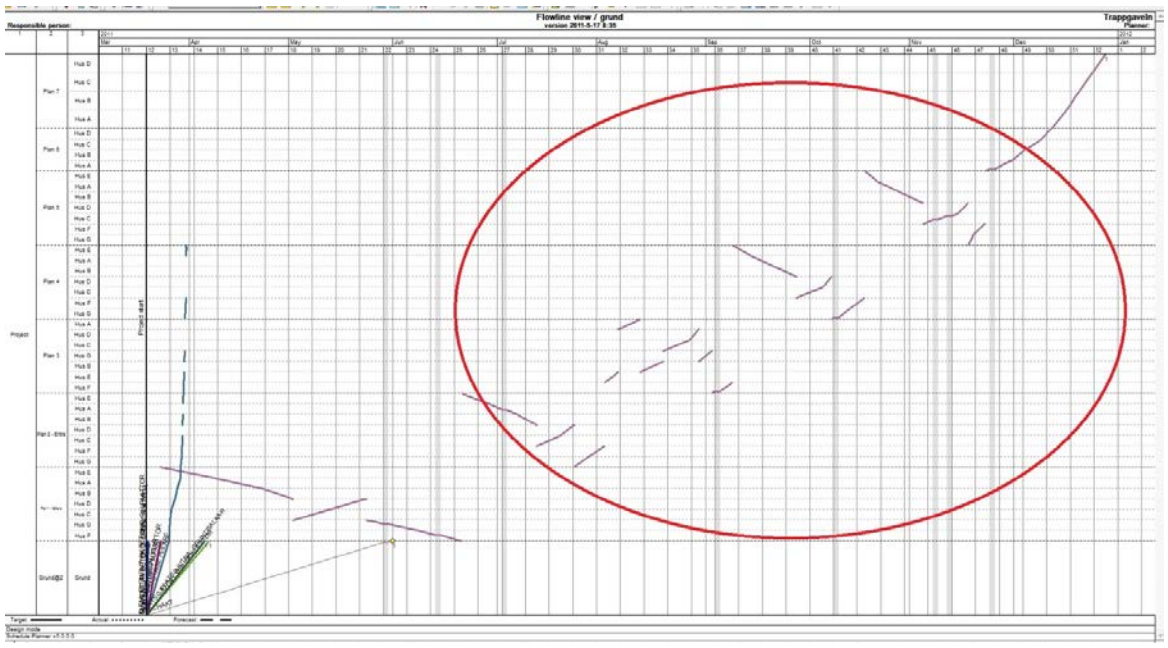
När en aktivitet innehåller en eller flera kalkylposter och enhetstider kommer en linje att synas i tidplaneringsverktyget. Efter infogandet av en aktivitet baseras linjen på två saker, enhetstid och vilken mängd som finns på respektive läge.

Kontrollera att platserna i tidplanen ligger i rätt ordningsföljd. Om inte, högerklicka på platserna till vänster och välj sedan ”Change display order”. Ändra ordningsföljden men hjälp av pilarna.



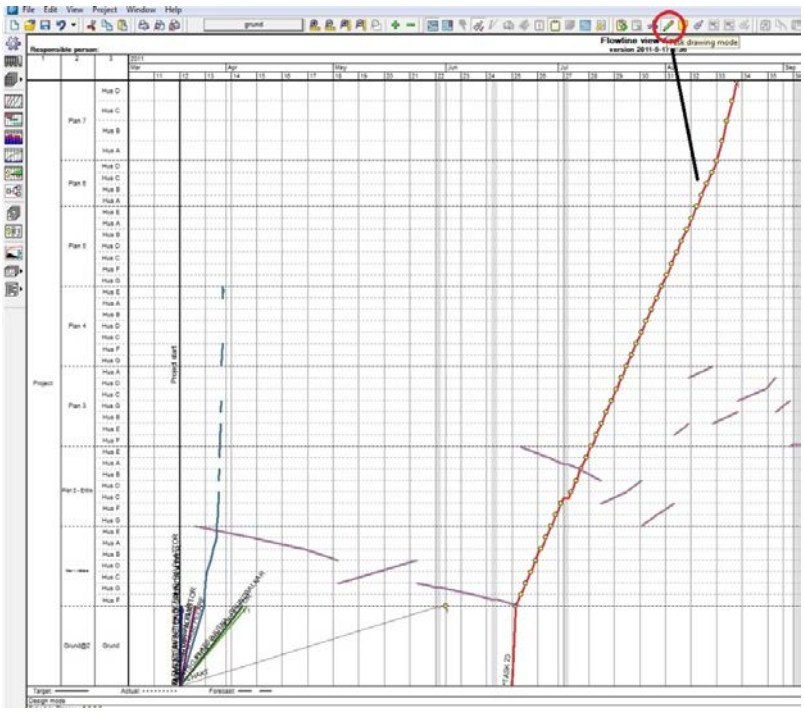
Figur 32 Sortera platserna i rätt ordningsföljd.

Om en ändring av tidplanens ordningsföljd för lägen utförs. Då förändras tidplanens ordningsföljd, men aktiviteter kommer att behålla sin ursprungliga ordningsföljd av lägen. Aktiviteterna och tidplanens ordningsföljd av lägen kommer inte att vara likadan. Mönstret för en aktivitet kan då se ut enligt bilden nedanför.



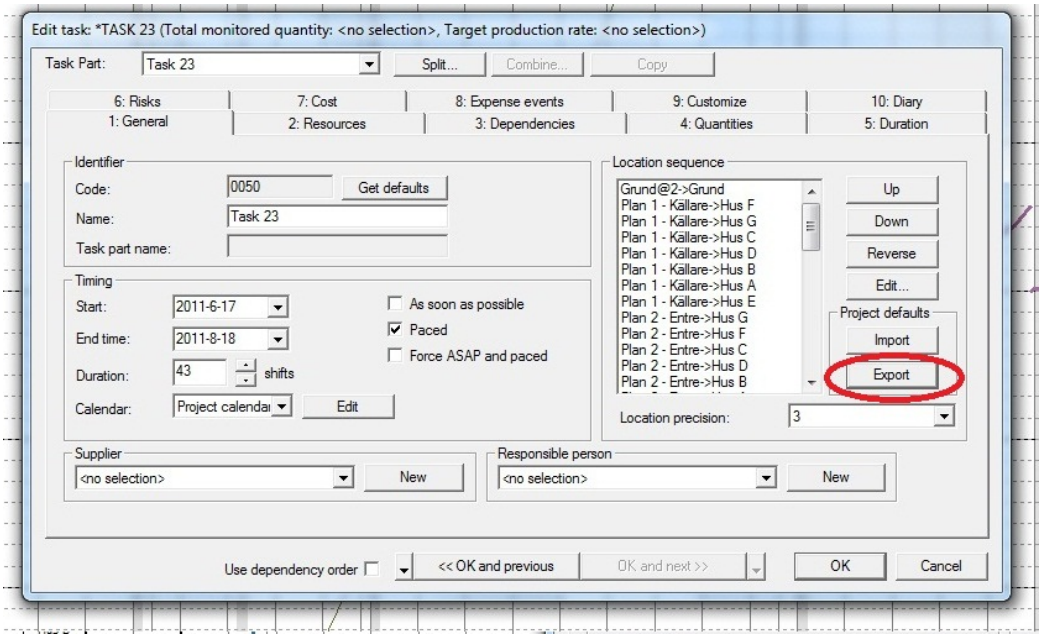
Figur 33 Fel mönster för aktivitet.

För att få rätt ordningsföljd på aktivitetens lägen. Skapa en ny linje genom att välja ”Draw Line”, dra linjen från det nedersta läget upp till det översta.



Figur 34 Rita ny linje.

Dubbelklicka på den nyskapta linjen, välj ”Advanced” och tryck sedan på knappen ”Export” under ”Project Defaults”. Nu exporteras linjens ordningsföljd.

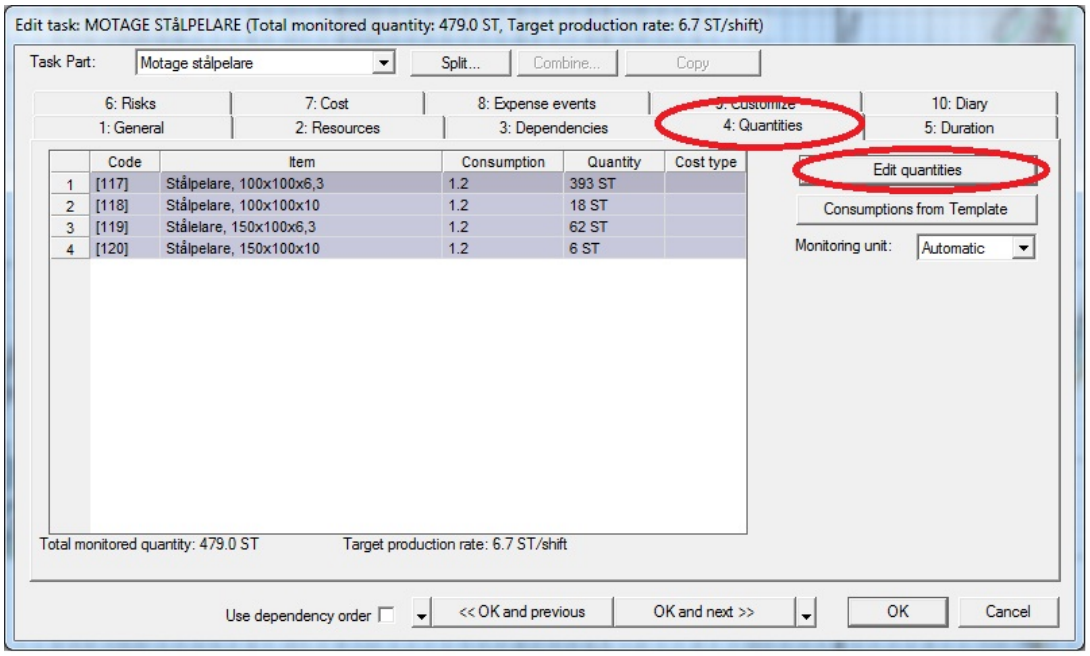


Figur 35 Exportera lägesordning.

Gå sedan in på linjen som går i fel ordning och välj på samma ställe, ”Import”. Nu importeras ordningsföljden för nyskapta linjens lägen.

8.1 Generellt

- Generellt är planen i ett flerbostadshus lika varandra, vilket medför att strukturen på ordning och beroenden av aktiviteterna på plan 1 fungerar i stora drag på plan 2, plan3 etc. Det innebär att när struktureringsarbetet på plan 1 är klart är den grova strukturen klar för resterande plan.
- Det finns möjlighet att i tidplaneringsverktyget plocka fram mängder för de aktiviteter som finns i tidplanen. Genom att dubbelklicka på en linje kommer ”Edit Task” rutan upp, gå till fliken ”4: Quantities” och sedan ”Edit Quantities”, se *figur 36*.

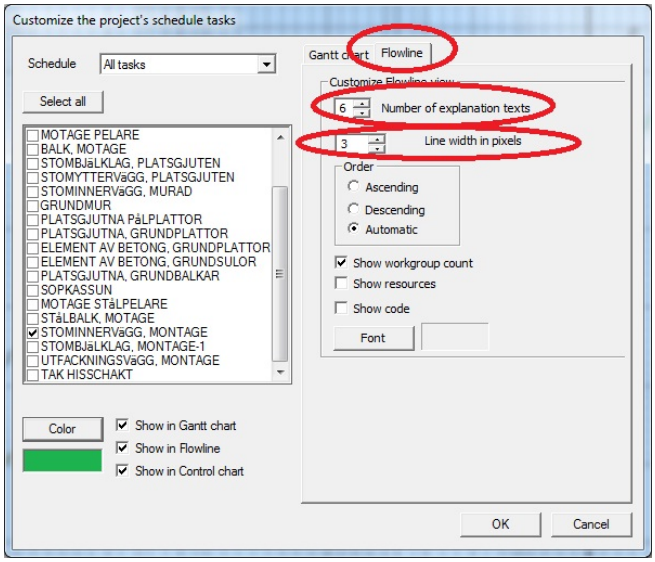


Figur 36 Mängdavtagning i Schedule Planner.

I ”Edit Quantities” går det att se mängderna per läge. Mängderna är baserade på kalkylposter som tidigare kopplats till aktivitetslistan. Från listan är det möjligt att kopiera och exportera till Microsoft Excel.

- För att infoga flera rubriker på aktivitetens linje eller ändra tjockleken på linjen.

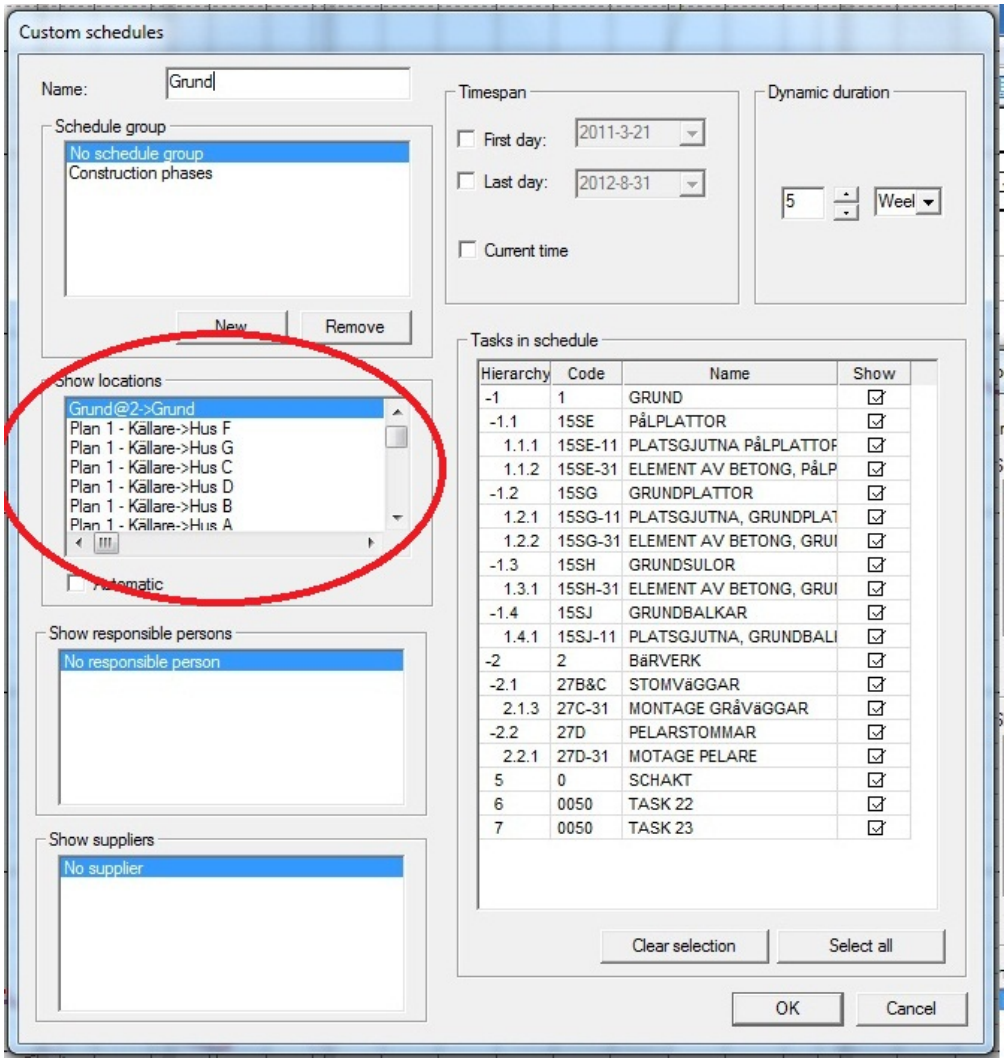
  Högerklicka på en aktivitets linje och välj ”Anpassa/Customize”, se *figur 37* för inställningar.



Figur 37 Ändra storlek på linje och antalet rubriker.

9 Nya filter i tidplaneringsverktyget

Filter används för att lättare planera med aktiviteter. För att skapa ett nytt filter, öppna fliken ”Project” och gå in på ”Custom Schedule Views”. Tryck på knappen ”Add” för att skapa ett nytt filter. Under ”Show Locations”, markera de lägen du vill visa, en fördel är att börja på det nedersta läget som i detta fall är grunden.



Figur 38 Filtrera lägen.

10 Egenkontroll av tidplan

För att kontrollera tidplanen så att inga allvarliga felkopplingar utförts, gå till ”Explore 4D” i Vico Office. Där kan nu en 4D-simulering spelas upp. Det kan vara ett nyttigt hjälpmedel för att kontrollera så att strukturen och beroenden mellan aktiviteter i tidplanen är korrekt.