

Betydelsen av en effektivare toleranshantering i byggbranschen

- En studie om toleranser hos prefabricerade ytterväggselement av betong

Fredrik Arheden
Carl-Johan Lilleros Lundgren

Copyright © Fredrik Arheden & Carl-Johan Lillieros Lundgren
Avdelningen för Byggproduktion
Lunds Tekniska Högskola

Tryckt av KFS, Lund 2010

ISRN LUTVDG/TVBP--10/5398--SE

Lunds Tekniska Högskola
Institutionen för Byggetenskaper
Box 118
221 00 Lund

Telefon: 046-222 74 21
Telefax: 046-222 44 14

E-post: bekon@bekon.lth.se
Hemsida: www.bekon.lth.se

Förord

Detta examensarbete har utförts för institutionen för Byggproduktion, vid Lunds Tekniska Högskola. Examensarbetet utgör avslutningen för civilingenjörsutbildningen i väg- och vattenbyggnad.

Vi vill rikta ett stort tack till våra handledare Jörgen Persson och Peter Svenmar, på Skanska Stomsystem, som bidragit med idéer, stor kunskap samt hjälp med urvalsramen för intervjuerna. Utan er handledning hade denna studie inte kunnat genomföras. Vi vill även tacka vår handledare, professor Anne Landin på institutionen för Byggproduktion, vid Lunds Tekniska Högskola.

Vi tackar även doktorand Monika Jingmond som bistått med handledning och informationsutbyte samt professor Per Kämpe som hjälpt till med problemformuleringen.

Vi hoppas på att få delta i den fortsatta utvecklingen av prefabricerade betongelement.

Lund, den 2010-05-24.

.....
Fredrik Arheden

.....
Carl-Johan Lillieros Lundgren

Sammanfattning

- Titel:** Betydelsen av en effektivare toleranshantering i byggbranschen.
- En studie om toleranser hos prefabricerade ytterväggselement av betong
- Författare:** Fredrik Arheden & Carl-Johan Lillieros Lundgren
Lunds Tekniska Högskola
- Handledare:** Anne Landin, *Lunds Tekniska Högskola*
Jörgen Persson, *Skanska Stomsystem*
Peter Svenmar, *Skanska Stomsystem*
- Examinator:** Stefan Olander, *Lunds Tekniska Högskola*
- Problemställning:** Det förekommer en rad olika standarder, regler och föreskrifter för hur toleranser för prefabricerade betongelement ska bestämmas. Att det figurerar så många olika värden på toleranser i branschen, möjliggör uppkomsten av problem. Känner kunden till vad de avtalat om? Vem är det egentligen som bestämmer vilka toleranser det är som ska följas? Kunden eller företagen?
- Det är inte någon nyhet för branschen att kostnaden för en avvikelse mångdubblas ju senare i byggprocessen den upptäckts och kan åtgärdas. I fallet med toleransavvikelser är ett vanligt scenario att avvikelserna åtgärdas ute på byggarbetsplatsen, utan att orsakerna bakom dem utreds på ett tillfredställande sätt.
- Vilka är orsakerna till toleransavvikelserna och går det att undersöka om det finns toleransavvikelser som är vanligare, eller mer kostsamma än andra? Går det att identifiera en avvikelse, som uppstått till följd av toleransfel, och sedan koppla den bakåt i processkedjan till sitt ursprung och hur ser förbättringspotentialen ut för toleranshanteringen?
- Syfte och mål:**
- Att undersöka vad och vem det är som bestämmer toleranser.
 - Går det att identifiera en eller ett par toleranser, som är särskilt viktiga samt att koppla en toleransavvikelse från upptäckt tillbaka till dess uppkomst?
 - Att komma med konkreta förbättringsförslag till arbetet med att förebygga toleransavvikelser.

- Att göra en sammanställning av information som kan ligga till grund för fortsatt arbete med toleranshantering.
- Att sammanställa en jämförelse mellan olika standarders värden på toleranser, i tabellform.

Metod:

I studien har en induktiv arbetsgång, med en kvalitativ utgångspunkt, följts. Studien kommer att bedrivas som en fallstudie där inledande litteraturstudier kommer att följas av intervjuer och observationer ute på byggarbetsplatser och fabriker. Inför intervjuerna kommer en urvalsram att utformas för att säkerställa en hög validitet. För att ytterligare öka validiteten så kommer samtliga respondenter att i förväg informeras om frågorna.

Slutsatser:

Toleranserna i olika standarder grundar sig alla på den tekniska utvecklingen och av tidigare erfarenheter. På grund av den allmänt bristande kunskapen om toleranser är det företagen, och inte kunden, som styr över toleranserna.

De vanligast förekommande och/eller kostsamma toleransavvikelserna har uppmärksammats hos diagonalmåtten, ingjutningsgods och ursparningar. Orsaken bakom avvikelserna är främst brist i kontrollförfarandet och i erfarenhetsåterföringen.

Vi rekommenderar att:

- Toleranser lyfts fram i ett tidigare skede i kontakten mellan kund och företag.
- Att en heltidstjänst tillsätts vid fabrikerna, med främsta uppgift att tillse en slutkontroll, utbilda personalen samt att genomföra stickprovskontroller.
- Att en förändring av arbetsgången kring hur diagonalmåtten kontrolleras vid fabrikerna genomförs.
- Att tilläggskontroller implementeras i produktionslinan vid särskilt vanliga eller kostsamma toleransavvikelser
- Att åtgärder för att stödja kontrollarbetet vid fabrikerna undersöks. Exempelvis bör en tydlig och standardiserad kontrollprocess implementeras. Denna process skulle med fördel kunna följas och utföras med en handdator. Vidare bör redskap för att underlätta laserkontrollmätning tas fram.
- Att erfarenhetsåterföringen analyseras så att återkopplingen mellan de olika skedena i värdekedjan förbättras. Det är viktigt att personalen i respektive skede får en större inblick och förståelse för varandras arbete och svårigheter.

- Att utveckla avvikelssystemet för att enklare kunna kategorisera avvikelserna.
- Att införa obligatoriska slut- och startmöten, där representanter från samtliga inblandade skeden finns representerade och där toleranser och återkommande avvikelser är en obligatorisk diskussionspunkt.

Nyckelord:

Toleranser, toleransavvikelser, diagonalmått, ingjutningsgods, ursparingar, prefabricerade ytterväggselement, 31B, Betongvaruindustrin, egenkontroll, kvalitetssäkring, avvikelssystem.

Abstract

Title: Effective management of tolerances
- A study regarding the tolerances of prefabricated concrete outer wall elements

Authors: Fredrik Arheden & Carl-Johan Lillieros Lundgren
Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Lund University

Supervisors: Anne Landin, *Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Lund University*
Jörgen Persson, *Skanska Stomsystem*
Peter Svenmar, *Skanska Stomsystem*

Examiner: Stefan Olander, *Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Lund University*

Approach to the problem There are a number of different standards, rules and regulations to comply with when determining the tolerances of prefabricated concrete elements. The fact that so many values of tolerances circulate within the industry makes it possible for problems to rise. Is the client aware of what was signed in the contract? Who is really to decide what tolerances to comply with? Is it the client or the contractors?

Old news for the construction industry is that the cost of a deviation heavily increases the later within the building process a problem is discovered and can be attended to. A common scenario in the case of tolerance deviations is that they are usually attended to at the construction site, leaving out the possibility to evaluate the underlying causes in a satisfying way.

What causes the tolerance deviations, and is it possible to investigate whether there are deviations that are more common or costly than others? Is it possible to identify a deviation that originates from a tolerance error and then back-track it through the process chain to its origin and, from there, look at the potential for improvement?

- Purpose and goal:**
- To investigate what and whom that determines tolerances
 - Is it possible to identify one or a few tolerances that are particularly important, and then connect one tolerance deviation from detection back to its origin?
 - To provide concrete recommendations for improving the work of preventing tolerance deviations.
 - Putting together information that can serve as a foundation for continuous work on handling tolerances.
 - To put together a comparison of different standards' values of tolerances in a table format.

Method: During this study, an inductive work procedure with a qualitative starting point has been followed. The study will be carried out as a case study, where introductory studies of literature are followed by interviews and observations from construction sites and factories. Before the interviews are conducted, a range is set to ensure high validity. To further enhance the validity, all respondents will be briefed about the questions prior to the interview.

Conclusions: The tolerances within different standards all originate from the technical development and from prior experiences. Due to the general lack of knowledge regarding tolerances, it is the contractors and not the client that control the tolerances.

The most frequent and/or costly tolerance deviations have been observed within diagonal measures, embedded goods and recesses. The cause behind the deviations is mostly a flaw in the control procedure and in the transference of experience.

We recommend that:

- Tolerances are noticed and communicated at an earlier stage of the discussion between client and contractor
- A full-time position is appointed at the factories, with the main purpose of conducting final quality tests, educating personnel and carrying out random inspections to ensure high quality output.
- A change of the work procedure regarding the evaluation of diagonal measurements at the factories is carried out.
- Additional evaluations are implemented within the production process of particularly common or costly tolerance deviations.

- Measures to support evaluative work at factories are investigated. For example, a clear and standardized control process should be implemented. This process may well be carried out by using a handheld computer. Furthermore, tools to simplify the process of laser control measurement should be produced.
- The transference of experience is analysed so that feedback from the various stages in the value chain is improved. It is important that the personnel at every stage of the value chain form a better understanding of each others work and the challenges within it.
- The deviation system is further developed to make it easier to categorize the deviations
- Meetings at the start and end of each project are implemented. During these meetings, representatives from each stage in the value chain should be present, and tolerances and recurring deviations is a mandatory topic of discussion.

Keywords:

Tolerances, Diagonal measurements, Embedded goods, Recesses, Prefabricated outer wall elements, 31B, Concrete industry, Internal control, Quality control, Deviation system

Innehållsförteckning

1	Inledning	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Problemformulering	5
1.3	Syfte och mål	6
1.4	Avgränsningar	6
1.5	Disposition	7
2	Metod	9
2.1	Metodval	9
2.1.1	Relationen mellan teori och empiri	9
2.1.2	Kvalitativa och kvantitativa forskningsmetoder	10
2.1.3	Fallstudier	11
2.2	Datainsamling	12
2.2.1	Litteraturstudier	12
2.2.2	Observationer	12
2.2.3	Intervjuer	13
2.3	Metodkvalitet	15
2.3.1	Validitet och reliabilitet	15
2.3.2	Källkritik	15
2.4	Genomförande	16
2.4.1	Val av metod	16
2.4.2	Fallföretaget	19
2.4.3	Arbetsgång	19
3	Teoretisk referensram	21
3.1	Byggprocessen	21
3.2	Industrialisering av byggproduktion	23
3.2.1	Miljonprogrammet	23
3.2.2	Industriellt eller industrialiserat?	24
3.2.3	Slutna eller öppna system?	25
3.2.4	Industrialisering och toleranser	25
3.2.5	Utvecklingen av Prefab	27
3.3	Toleranser	28
3.3.1	Definition av begreppet avvikelser	28
3.3.2	Definition av begreppet toleranser	29
3.3.3	Måttavvikelser	30
3.3.4	Toleranskrav	33
3.3.5	Standarder, regler och föreskrifter	35
3.3.6	Certifiering	37
3.3.7	Mått- och modulkoordinering	38
3.3.8	Måttsättning	39
3.3.9	Toleransberäkningar	42
3.3.10	Utsättning och montage	42
3.3.11	Dokumentation	43
3.3.12	Måttkontroll på fabrik och byggplats	44

3.3.13	Toleransmedvetande	45
4	Empiri och resultat	51
4.1	Fallföretaget	51
4.2	Kartläggning av värdekedja	51
4.3	Intervjuupplägg	52
4.4	Frågeställningar och resultat	53
4.4.1	Försäljningsavdelningen	54
4.4.2	Montageskedet	55
4.4.3	Tillverkningskedet.....	59
4.4.4	Projekteringsskedet	67
4.4.5	Kund.....	68
4.4.6	Svensk Byggtjänst.....	69
4.4.7	Helikopterperspektiv	69
4.5	En jämförelse mellan standarder.....	71
5	Analys och diskussion	73
5.1	Värdekedjan	73
5.1.1	Toleransuppfattning	73
5.1.2	Toleranser i avtal.....	75
5.2	Kartläggning av toleranser och kontroller.....	77
5.2.1	Egenkontroll eller kvalitetssäkrare?.....	78
5.2.2	Mätteknik	79
5.2.3	Tre kontroller	81
5.2.4	Diagonalmått.....	81
5.2.5	Ursparingar och ingjutningsgods	82
5.2.6	Utformning av dokumentation	83
5.3	Förbättringsarbete	84
5.3.1	Avvikelsesystem	84
5.3.2	Uppföljning	85
6	Slutsats och rekommendationer.....	87
7	Referenser	91
7.1	Bibliografier	91
7.2	Elektroniska källor	93
7.3	Intervjuer	94
7.4	Muntliga källor.....	94

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Kraven på byggbranschen ökar ständigt.

- Byggtiderna måste bli kortare.
- Produktionskostnaderna måste sänkas.
- Rätt kvalitet måste säkerställas i större utsträckning.
- Garantitiderna måste förlängas.
- Lönsamheten måste öka.

Historiskt sett har den största delen av själva tillverkningsarbetet skett ute på byggarbetsplatsen. Idag möter byggbranschen de växande kraven genom att bygga mer industriellt, det vill säga i större utsträckning använda sig av prefabricerade byggdelar (Apleberger, Jonsson & Åhman, 2007). Byggarbetare har blivit mera av montörer, av förtillverkade delar, än hantverkare och det finns ett bristande yrkeskunnande inom byggnadsteknik (Jingmond, 2009).

De växande kraven på byggbranschen ställer stora krav på precisionen hos de förtillverkade byggdelarna. Tekniskt avancerade byggdelar ska, med millimeterprecision, passa ihop med varandra. På ritbordet är detta aldrig något bekymmer. I produktionsskedena kan detta däremot utgöra ett stort problem. Toleranser är de mått som visar på hur mycket ett element får avvika från ritning vid tillverkning, utsättning och montering, och ändå nå ställda krav hos slutprodukten (Kämpe, 2008).

Tidigare undersökningar har visat på att stora delar av den totala produktionskostnaden, av en byggnation, är resultatet av misstag och fel, förlorad arbetstid, fel i material etcetera (Landin, 2010).

Under byggproduktionen är det inte ovanligt att byggarbetare på plats, får justera uppstådda fel till något som för tillfället kan anses vara acceptabelt. Allt som inte är genomtänkt under projekteringen får lösas under produktionen, ute på plats. Ofta kan korrigeringsarbeten ta mycket, och dyrbar, tid ute i produktion. Det finns även tillfällen när dessa korrigeringsarbeten leder till, för byggprojektet, negativa konsekvenser och det är inte ovanligt att dessa inte uppmärksammas eller åtgärdas överhuvudtaget (Byggrådet, 2009).

Behov och levnadsbetingelser förändras ständigt samtidigt som resurserna varierar. Detta innebär även att byggprodukter och byggprocesser förändras. I ett längre tidsperspektiv kan det konstateras att toleranserna kontinuerligt har skärpts. Här följer några exempel på hur utvecklingen av toleranser har sett ut genom åren (Kämpe, 2008):

Inledning

- Ett stenhus från 1100-talet byggt med upprepande teknik och med obearbetad sorterad natursten.
- Miljonprogrammet i Sverige, på 1960- och 1970-talet, där en miljon bostäder skulle uppföras under en tioårsperiod.
- Bostadsplattformen ISS, som är hopmonterad i rymden.
- Det EU-finansierade teleskop, vilket kommer att bli klart i slutet av detta decennium. Bygget som omsluter själva spegeln, med diameter 42 meter, måste klara extrema toleranser med maximala rörelser på 10 nanometer.

Vid framtagandet av, ett nyligen lanserat, komplett koncept för industrialiserat byggande har toleranserna prioriterats. Prioriteringen har dock inte varit tillräcklig. Toleranserna har blivit för snäva, dåligt samordnade och ogenomförbara (Kämpe, 2008). I en rapport, som behandlar industrialiserat byggande, redovisas tio mer eller mindre utvecklade industriella och industrialiserade byggkoncept, som i varierande grad tillämpas på den svenska marknaden idag. De utvalda koncepten/systemen är (Apleberger, et al., 2007):

- Bo Klok (Skanska och Ikea)
- Det ljuva livet (NCC och Finndomo)
- JM
- Lindbäcks Bygg
- Moderna Hus (Skanska)
- NCC Komplet
- Open House
- Peab system PGS
- Pharmadule Emtunga
- Strängbetong

Inget av systemen är idag komplett. I september 2002 startade NCC arbetet med att hitta en helt ny tillverkningsprocess för byggande av flerbostadshus. Fyra år senare presenterades ett helt nytt, delvis patenterat, byggsystem under benämningen NCC Komplet. Systemet var inspirerat av verkstadsindustrin. NCC Komplet skulle sänka byggkostnaderna för flerbostadshus radikalt. Detta bedöms idag inte vara möjligt. Det är svårare, tar längre tid och kostar mer än vad NCC hade räknat med från början (Byggfakta, 2007). NCC Komplet, som numera är nedlagt, uttalade sig i media att toleranserna varit ett av de problemen som påverkat deras process negativt (Kämpe, 2008). Pär Åhman, projektsamordnare för Sveriges Byggindustrier, understryker att det inte nödvändigtvis måste handla om en fullständigt industrialiserad process. Det är framför allt helheten i själva tänkandet som är det viktiga (Boverket, 2007).

Toleransavvikelser kan undersökas på flera olika sätt. *Hur* de yttrar sig, *när* de yttrar sig och *varför* det yttrar sig. Frågan om när en toleransavvikelse yttrar sig syftar till vid vilket steg i byggprocessen avvikelsen uppstår. Toleranserna delas in i tillverkningstolerans, utsättningstolerans, monteringstolerans och en sammansatt

Inledning

byggplatstolerans (Holm, Lindberg & Lorentsen, 1987). Svensk Byggtjänst har givit ut en handbok, *Projektera och bygga med toleranser*, som även belyser att projekteringen är av stor vikt, när det gäller att hantera toleranser. Här redovisas bland annat exempel på hur sammansatta toleranser kan beräknas och skattas (Betongvaruindustrin, 2009). I handboken belyses vikten av att projektören tänker igenom bygg- och monteringsmetoden och sedan baserar sin byggplatstolerans därpå (Holm, et al., 1987).

Med dagens avancerade teknik, i form av CAD-program och BIM-utveckling, finns stora möjligheter att, redan under projekteringen, reducera tillverkningens och produktionens toleransavvikelse. BIM, *Building Information Model*, är ett sätt att hantera information som arbetas fram under design- och konstruktionsprocessen. BIM kan även användas inför och under förvaltningsskedet, med andra ord hela vägen från tanke till konstruktionsfas, byggnation och förvaltning (JTB World, 2004). CAD har varit ett konstruktionsverktyg sedan 1960-talet. I början arbetades det i två dimensioner, men idag görs allt mer av konstruktionsarbetet i en tredimensionell miljö (Ny teknik, 2001). Flera delar av projekteringen blir mer effektiv vid användandet av tredimensionella ritverktyg, men detaljutformningen är fortfarande tydligare med beskrivande ritningar, utformade i två dimensioner.

I ett samarbete mellan Lunds Tekniska Högskola, Forum för industriellt byggande, Strängbetong, Abetong och Betongvaruindustrin studeras idag toleransernas betydelse för byggprocessen. Syftet med projektet är att klargöra och öka förståelsen om hur toleranser påverkar processen, kvaliteten och slutprodukten. Projektets organisation består idag av Anne Landin, professor vid Lunds Tekniska Högskola, Per Kämpe, professor vid Lunds Tekniska Högskola och VD för Prefabutveckling i Norden samt Monika Jingmond, doktorand vid Lunds Tekniska Högskola. Per Kämpe har bland annat formulerat följande frågeställningar för projektet (Kämpe, 2008):

- Kan forskning om våra toleranser förbättra våra möjligheter att styra vårt byggande?
- Hur stor del av projektets störningar med tillhörande åtgärdskostnader är orsakade av toleransproblem?
- Vad kostar det att nå en toleransnivå som helt eliminerar åtgärdskostnaderna?
- Är föreskriftstoleranserna i fas med verkligheten?

Ett flertal rapporter och avhandlingar, kopplade till projektet, har hittills författats. Bland annat så har Monika Jingmond författat en delrapport med målsättningen att förbättra toleranshanteringen samt att ge företagen en bättre insikt i ämnet. Syftet med rapporten är att finna strategier för att industrialisera byggprocessen. Detta ska uppnås genom att omvandla mått och toleranskrav för att skapa innovativa lösningar, som gynnar en ökad precision. Rapporten tar även upp orsaker till toleransproblemen och förbättringar av toleranshanteringen. Några av de förbättringsförslag som presenteras är (Jingmond, 2009):

Inledning

- att minimera de problem som behöver lösas ute på plats,
- att standardisera produkter,
- att ge bättre feedback,
- att se till att toleransfrågan blir mer uppmärksammas och
- att undervisa om toleranser i en större utsträckning.

Vidare listar Jingmond (2009) följande konsekvenser av en bristfällig toleranshantering:

- En ökad resursåtgång för att åtgärda fel, vilket ofta försämrar tidshållningen.
- Arkitektens ambitioner blir inte förverkligade då utseendekraven inte uppfylls.
- Justerade komponenter gör att konstruktionen blir belastad på ett oönskat/oplanerat sätt. Konstruktionen kan få försämrad prestanda. Köldbryggor, akustikproblem, vatteninträngning, fukt och temperaturrörelser kan uppstå.

Huvudfinansiärer till projektet är SBUF, *Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond*, Byggrådet, Strängbetong och Abetong. SBUF instiftades 1983 och är byggbranschens egen organisation för forskning och utveckling, med nära 5 000 anslutna företag i Sverige (SBUF, 2010). Byggrådet är en organisation, vars syfte är att stärka samverkan mellan högskolorna och byggsektorn, samt att stödja kvalificerade lärare, forskare och studenter (Byggrådet, 2009). Strängbetong och Abetong är två av de största betongleverantörerna på marknaden idag.

I ett examensarbete författat 2009, vid Lunds Tekniska Högskola, diskuteras graden av toleransmedvetande, i byggbranschen. En av frågeställningarna var huruvida byggarbetare ute på arbetsplatsen idag känner till toleranser, och framför allt vilka konsekvenser som kan uppstå om det blir fel vid kontroll, utsättning eller montering. Några av de viktigaste slutsatserna av studien är (Persson, 2009):

- Lärlingarnas okunskap om toleranser
- Många toleransfel kan kopplas till en slarvig projektering
- Utbredd brist på erfarenhetsåterföring mellan olika yrkesgrupper
- Slarv med kontrollmätningar
- Brist på information om problem och kostnader kopplade till toleransfel

Vid granskning av toleranshanteringen är det av stor vikt att undersöka alla de olika skedena i byggprocessen. Detta för att senare kunna blicka bakåt i ett projekts processkedja och att göra återkopplingar till *var*, *när* och *varför* ett fel uppstår. Byggbranschen strävar efter perfektion, vilket innebär att även toleranshanteringen kan och bör effektiviseras. Genom att hitta vilka toleransavvikelser som oftast förekommer och vilka som kostar mest, för att sedan undersöka var och hur de

uppkommer, skulle byggbranschen spara in pengar på befintliga korrigeringsarbeten, som idag bidrar till onödiga utgifter.

1.2 Problemformulering

Vid industriellt och industrialiserat byggande är precision en av grundstenarna. Precisionen i byggbranschen innebär inte att det i produktionen råder en nolltolerans för måttavvikelse, utan snarare att slutprodukten ska uppfylla ställda krav. Toleranser är det mått som ska visa på hur mycket ett element får avvika från ritningen till tillverkning, utsättning och montering, och ändå nå de kraven som ställts hos slutprodukten.

Det finns flera olika regelverk som används för att bestämma toleranser. Hus AMA och Betongvaruindustrin har olika värden på dem. Ibland har även företagen egna, interna toleranser som de arbetar efter. Dessutom finns det toleranser från äldre versioner av Hus AMA och Betongvaruindustrin som fortfarande används i branschen. Att det figurerar så många olika toleranser i branschen möjliggör uppkomsten av problem. Känner kunden till vad de avtalar om? Vem är det egentligen som bestämmer vilka toleranser som ska följas? Kunden eller företagen? Om företagen avtalar om en branschstandard, men ändå producerar efter egna, interna toleranser är det av stor vikt att förståelsen för de interna toleranserna är stor samt att de inte överskrider de avtalade toleranserna.

Flera tidigare studier har åskådliggjort det, i dagsläget, relativt låga toleransmedvetandet i branschen. Många toleransavvikelse åtgärdas ute på byggarbetsplatserna, utan att orsakerna bakom dem utreds på ett tillfredställande sätt. Det är inte någon nyhet för branschen att kostnaden för en avvikelse mångdubblas ju senare i byggprocessen den upptäckts och kan åtgärdas. Trots detta så har en relativt begränsad ansträngning gjorts för att undersöka möjligheterna till att förebygga uppkomna toleransavvikelse tidigare i processen.

Vilka är orsakerna bakom toleransavvikelse, och går det att undersöka om det finns några som är vanligare, eller mer kostsamma än andra, och därför bör lyftas fram? Går det att identifiera en avvikelse, som uppstått till följd av toleransfel, och sedan koppla den bakåt i processkedjan till sitt ursprung?

En viktig målsättning med studien är att undersöka hur de vanligaste och mest kostsamma toleransavvikelse skulle kunna förebyggas. För att undersöka detta så kommer erfarenhetsåterföring och kontroller att studeras extra noggrant.

1.3 Syfte och mål

Syftet med studien är att undersöka betydelsen av en effektivare toleranshantering för ytterväggselement av betong. Finns det möjlighet att förbättra och effektivisera kontroller och erfarenhetsåterföring för att kunna reducera toleransavvikelser?

Ett annat syfte är att själva studien ska kunna fungera som en kunskapsplattform om ämnet Toleranser, inför eventuella framtida studier. Den teoretiska referensramen, i studien, kommer därför att innehålla grundläggande information om toleranser och arbetet med dem.

Målsättningen med rapporten är:

- Att undersöka vad och vem det är som bestämmer toleranser.
- Går det att identifiera en eller ett par toleranser, som är särskilt viktiga och går det att koppla en toleransavvikelse från upptäckt tillbaka till dess uppkomst?
- Att komma med konkreta förbättringsförslag till arbetet med att förebygga toleransavvikelser.
- Att göra en sammanställning av information som kan ligga till grund för fortsatt arbete med toleranshantering.
- Att sammanställa en jämförelse mellan olika standarders värden på toleranser, i tabellform.

1.4 Avgränsningar

Studien är begränsad till att endast granska toleranser hos prefabricerade ytterväggselement av betong. Vidare så kommer studien att ge svar åt problemformuleringarna utifrån ett svenskt byggföretags perspektiv. Alltså kommer endast regler och standarder för den svenska marknaden att granskas.

Längden av studien är begränsad till 16 arbetsveckor. På grund av den begränsade tiden kommer den empiriska delen av studien endast att innefatta punktinsatser i ytterväggelementens process från upphandling till projektering, tillverkning och slutligen till montage.

Studien kommer främst att fokusera på toleranser härrörande till funktion och säkerhet. Rent estetiska toleranser kommer alltså endast att ges ett marginellt utrymme i studien.

I studien har ett specifikt företag, som säljer, tillverkar och monterar ytterväggselement av betong granskats. Intervjuer och observationer vid försäljningsavdelningar, elementfabriker samt byggarbetsplaster är alltså begränsade

till ett företag. För att ge studien en större reliabilitet har även kompletterande intervjuer gjorts med konkurrenter till det studerade företaget.

På grund av studiens metodval, där en kvalitativ och inte en kvantitativ utgångspunkt valts, har studien riktats mot så kallad *mjuk data*. Konkreta siffror på exempelvis besparingsmöjligheter kommer alltså inte att redovisas. En anledning till detta är svårigheten att precisera sådana siffror. Att projekten skiljer sig från varandra gör det svårt att konkretisera besparingsmöjligheter i kronor och ören.

1.5 Disposition

Rapporten är indelad i följande sex kapitel:

1. Inledning
2. Metod
3. Teoretisk referensram
4. Empiri och resultat
5. Analys och diskussion
6. Slutsats och rekommendationer

Inledning

2 Metod

2.1 Metodval

2.1.1 Relationen mellan teori och empiri

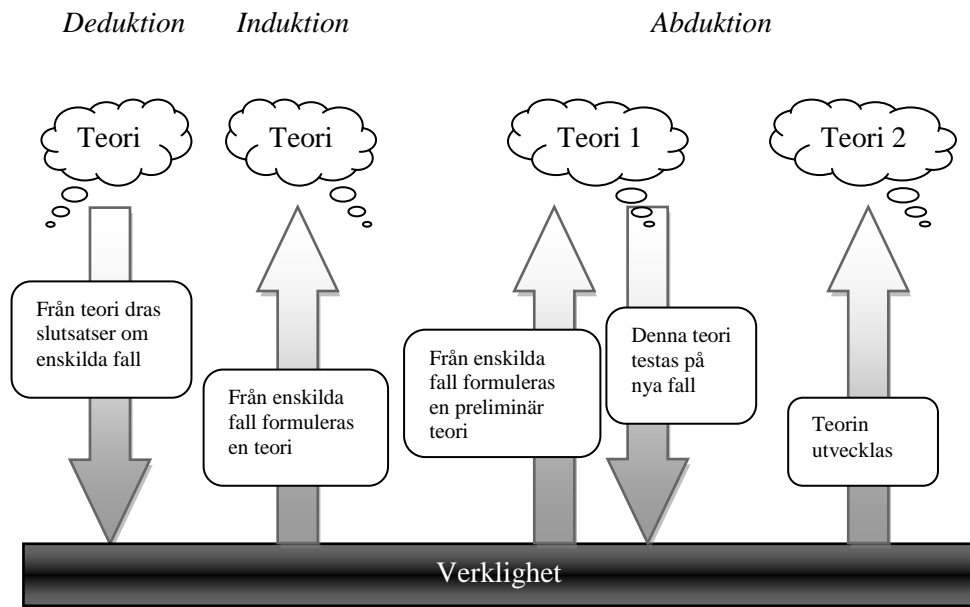
Forskning innebär att producera teorier som ska ge en så riktig kunskap om verkligheten som möjligt. Underlaget för arbetet med teorin består av insamlad data och information om det studerade ämnet. Detta underlag kallas med ett annat ord för empiri. Hur man relaterar teori med verklighet är ett centralt problem inom allt vetenskapligt arbete och det är det som utgör forskarens verkliga arbete. För att relatera teori med empiri kan forskaren använda sig av tre olika tillvägagångssätt; deduktion, induktion och abduktion (Patel & Davidson, 2003).

Ett deduktivt arbetssätt karakteriseras av att forskaren utifrån allmänna principer och befintliga teorier drar slutsatser om enskilda företeelser. Forskaren härleder hypoteser utifrån den befintliga teorin och prövar dem sedan empiriskt i den aktuella studien. Detta innebär att redan existerande teorier ligger till grund för de empiriska studierna, och därmed även till hur slutsatserna relateras till de redan befintliga studierna. En risk med ett deduktivt arbetssätt är att den befintliga teori som forskaren utgår från kommer att påverka forskningen så att intressanta nya rön förbises (Patel & Davidson, 2003). Enligt Wallén (1996) krävs det att man redan vet tämligen mycket om det man vill undersöka för att kunna pröva sin hypotes.

En induktiv arbetsgång innebär att forskaren studerar sitt objekt, utan att först ha förankrat underökningen i en tidigare vedertagen teori. Forskaren formulerar sedan sin teori utifrån insamlad empiri. Resultatet blir en förutsättningslös teori helt utan påverkan från befintlig information. En fara med detta arbetssätt är att forskarens egna idéer och föreställningar riskerar att påverka resultatet. En annan fara är att teorin endast grundar sig i ett specifikt fall, en viss grupp av människor eller en särskild tid och att den därför brister i räckvidd eller generalitet (Patel & Davidson, 2003).

Sammanfattningsvis kan man säga att en forskare som arbetar deduktivt följer bevisandets väg, medan en forskare som arbetar induktivt följer upptäckandets väg (Patel & Davidson, 2003).

Ett tredje sätt att relatera teori med empiri är genom abduktion. Abduktion innebär en kombination av induktion och deduktion. Forskaren formulerar, utifrån ett enskilt fall, ett hypotetiskt mönster, eller en teoretisk djupstruktur. Detta, första steg, är det induktiva. I det följande steget, det deduktiva, prövas hypotesen på nya fall. Hypotesen som formulerats inledningsvis utvecklas och utvidgas här för att bli mera generell (Patel & Davidson, 2003).



Figur 1. Relationen mellan teori och verklighet illustrerad av deduktion, induktion och abduktion.

2.1.2 Kvalitativa och kvantitativa forskningsmetoder

Kvalitativ och kvantitativ forskning är termer som, inom forskningsmetodik, används som markörer för forskarens utgångspunkter och för den typ av forskning som bedrivs. De båda tillvägagångssätten behöver inte utesluta varandra. God forskning innehåller inte sällan inslag av båda metoderna, men alltid med en utgångspunkt i ena av metoderna (Denscombe, 2000). Patel & Davidson (2003) menar att beteckningarna kvalitativt och kvantitativt syftar till hur man väljer att generera, bearbeta och analysera insamlad information.

Vid kvalitativt inriktad forskning menas forskning där fokus ligger på så kallad mjuk data. Ett exempel kan vara i form av kvalitativa intervjuer och tolkande analyser (Patel & Davidson, 2003). Kvalitativa studier syftar enligt Wallén (1996) till att undersöka vilken karaktär en företeelse har. Kvalitativa studier kan uppfattas som ovetenskapliga och oprecisa, men också i många fall som det enda meningsfulla. Wallén (1996) listar följande fyra huvudskäl för valet av kvalitativa forskningsmetoder:

1. Tolkning av observationer görs för att fastställa vad för slags fenomen det rör sig om, finna karakteristiska drag etcetera.
2. Tolkning från del till helhet. Sammanhang och funktion behövs när forskaren endast har tillgång till ofullständig information.
3. Tolkning av data som inte kan mätas direkt, det vill säga sådant som är vagt, mångtydigt eller subjektivt, såsom upplevelser och känslor.
4. Tolkning av innebörder och symboler.

Med ett kvalitativt angreppssätt är, enligt Merriam (1994), forskarens främsta syfte att förstå innebörden av en viss företeelse eller upplevelse. Forskaren är mer intresserad av processen än av resultat eller produkt. Vad är det egentligen som sker och vad innebär det (Merriam, 1994)?

Med kvantitativ forskning menas sådan forskning som innebär mätning vid datainsamlingen och statistiska bearbetnings- och analysmetoder (Patel & Davidson, 2003). Eftersom kvantitativ data bygger på siffror och data kan resultatet av forskningen presenteras i tydliga tabeller och diagram. Detta ger en känsla av en solid och objektiv forskning (Denscombe, 2000).

För att tydliggöra skillnaderna mellan de båda metoderna gör Denscombe (2000) följande jämförelser:

- Kvalitativ forskning har en tendens att uppfatta ord som den centrala analysenheten
- Kvantitativ forskning har en tendens att uppfatta siffror som den centrala analysenheten

- Kvalitativ forskning har en tendens att förknippas med beskrivning
- Kvantitativ forskning har en tendens att förknippas med analys

- Kvalitativ forskning har en tendens att associeras med småskaliga studier
- Kvantitativ forskning har en tendens att associeras med storskaliga studier

2.1.3 Fallstudier

En fallstudie innebär en undersökning på en mindre, avgränsad grupp. Vanligtvis används fallstudier vid studier av processer och förändringar (Patel & Davidson, 2003). Enligt Denscombe (2000) är det vanligaste tillvägagångssättet att forskaren riktar in sig på en enda undersökningsenhet. Det förekommer att flera än en undersökningsenhet används, men principen bakom fallstudien är snarare att rikta undersökningen mot enskilda enheter och inte mot ett bredare spektrum. Målsättningen ska vara att belysa det generella genom att titta på det enskilda. En fördel med fallstudien, gentemot andra undersökningar, är möjligheten att undersöka saker i detalj. Studeras endast en enhet ökar möjligheten att gå på djupet och upptäcka

saker som kanske inte skulle uppmärksammas vid en ytligare undersökning (Denscombe, 2000).

En annan fördel med fallstudier är att man studerar vad som sker under verkliga förhållanden. Forskaren kan se att en viss företeelse faktiskt existerar, eller att en viss process faktiskt fungerar. Det kan dock vara svårare att se om det som sker är vanligt förekommande, eller huruvida liknade företeelser kan förekomma i andra organisationer (Wallén, 1996).

För att nå en så fyllig bild som möjligt, i en fallstudie, är det vanligt att samla in information av olika karaktär. Ett scenario kan vara att dels utföra litteraturstudier samt att komplettera med observationer och intervjuer (Patel & Davidson, 2003).

2.2 Datainsamling

2.2.1 Litteraturstudier

Målet för all forskning är att bidra till att vidga kunskapsbasen inom ett aktuellt område. Skulle forskaren ignorera tidigare utförda studier inom sitt område riskerar han/hon att studera ett trivialt problem, producera en kopia av en tidigare undersökning eller kanske att upprepa andras misstag. Av detta skäl är det av stor vikt att tidigt i forskningsarbetet bedriva litteraturstudier (Merriam, 1994).

Denscombe (2000) listar följande tre väsentliga funktioner som litteraturstudier tjänar:

- Visar att forskaren är medveten om tidigare arbeten inom området.
- Identifierar vad forskaren bör beakta som de huvudsakliga problemområdena, de avgörande frågorna samt de uppenbara luckorna i den nuvarande kunskapen.
- Ger läsaren en vägledning om var forskningen kommer ifrån. Den möjliggör för läsaren att se vilka teorier och principer som har haft inflytande på det tillvägagångssätt som forskaren har tillämpat.

Att bedriva litteraturstudier tidigt i ett forskningsprojekt behöver inte nödvändigtvis innebära att arbetet utvidgar, följer eller accepterar tidigare studier. Det kan istället vara kritisk till tidigare arbeten och försöka att motbevisa dem. I detta fall är det av stor vikt att forskaren går igenom litteraturen för att diskutera dess svagheter och för att argumentera för en alternativ utgångspunkt (Denscombe, 2000).

2.2.2 Observationer

Observationer är, i vardagslivet, vårt främsta medel för att inhämta information. Det sker mer eller mindre slumpmässigt utifrån egna erfarenheter, behov och förväntningar. I forskningssammanhang är det dock viktigt att observationer inte sker

slumpmässigt. Observationen måste vara systematiskt planerad och insamlad information måste registreras systematiskt (Patel & Davidson, 2003).

Enligt Patel & Davidson (2003) är observationer särskilt användbara vid studier som berör beteenden och skeden i naturliga sammanhang. Till skillnad från enkät- och intervjustudier är forskaren inte lika beroende av att individen har en tydlig minnesbild, som sedan ska vidarebefordras till forskaren på ett korrekt sätt. En annan fördel med observationsmetoden är att den är relativt oberoende av individers villighet att lämna information. På en byggarbetsplats kanske byggarbetarna inte har tid eller inte önskar att bli intervjuade (Patel & Davidson, 2003).

Nackdelar med observationsmetoden är att den kan vara dyr och tidsödande. Det ska också nämnas att det finns beteenden och skeden som inte är tillgängliga för observation, utan måste kompletteras med enkäter eller intervjuer för att fångas upp (Patel & Davidson, 2003).

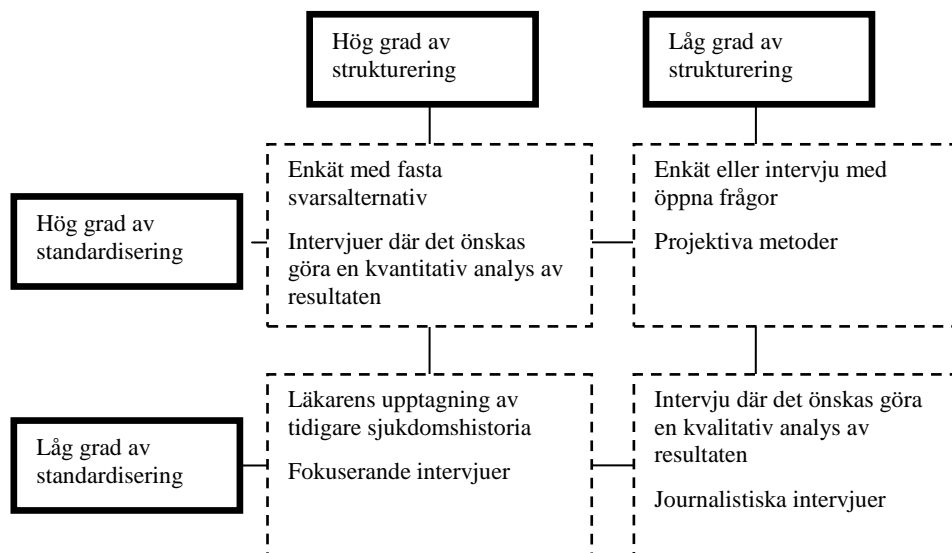
Widerberg (2002) menar att det är klokt att utföra observationer innan intervjuer eller enkäter. Det finns också situationer då det lämpligaste tillvägagångssättet är att varva observationer med intervjuer. Ett exempel kan vara att först göra observationer på en arbetsplats, sedan utföra intervjuer, och slutligen gå tillbaka för att studera situationen "*in action*" (Widerberg, 2002).

2.2.3 Intervjuer

För att en intervju ska ge ett så informativt resultat som möjligt är noggranna förberedelser väldigt viktiga. För att kunna planera en intervju är det viktigt att veta varför den ska genomföras. Det är därför viktigt att, i ett tidigt skede, bestämma syftet med intervjun och att sätta upp en målsättning för intervjun. Ett annat viktigt beslut är att formulera en huvudfråga. Detta beslut är viktigt eftersom det inte är ovanligt att hela intervjun får ägnas åt att försöka besvara den. Är huvudfrågan tydligt formulerad undviks också irrelevanta sidospår. Kunskap är också en viktig del i förberedelserna. Respondenten kommer att känna ett större förtroende för intervjuaren om han/hon är påläst och kunnig. Det blir också enklare för intervjuaren att styra intervjun, samt att eventuellt skjuta in spontana tilläggsfrågor, om han/hon besitter en viss mån av baskunskap inom området (Häger, 2001).

Enligt Denscombe (2000) är det klokt att, tidigt i förberedelserna till undersökningen, upprätta en urvalsram. En urvalsram är en objektiv förteckning över de som kan komma att ingå i undersökningen, samt relevant bakgrundsinformation för respektive person. För att slutsatser ska kunna dras utifrån utförda intervjuer är det av stor vikt att urvalsramen endast innehåller, för rapporten, relevanta och fullständiga uppgifter. Skulle det förekomma brister i urvalsramen är det viktigt att dessa tas med för att kunna presentera ett så korrekt resultat som möjligt (Denscombe, 2000).

Två viktiga aspekter att beakta vid arbetet med att formulera intervjufrågor är standardisering och strukturering. Graden av standardisering rör hur mycket ansvar som lämnats till intervjuaren beträffande frågornas formulering och inbördes ordning. Vid en intervju som inte är standardiserad formuleras frågorna allteftersom intervjun fortlöper, och i den ordning som intervjuaren finner lämpligast. I en helt standardiserad intervju, däremot, ställs identiska frågor, i samma ordning, till varje respondent. I vilken utsträckning frågorna är fria för respondenten att tolka fritt, beroende på sin egen inställning och tidigare erfarenheter, har med frågornas grad av strukturering att göra. En helt strukturerad intervju lämnar respondenten ett väldigt snävt utrymme att svara inom, medan en helt ostrukturerad intervju lämnar ett stort utrymme för respondenten att svara inom (Patel & Davidson, 2003).



Figur 2. Exempel på olika typer av intervjuer och enkäter beroende på hög eller låg grad av standardisering och strukturering.

Lantz (1993) belyser i tre punkter kraven på en intervjus användbarhet.

- Metoden måste ge tillförlitliga resultat (kravet på reliabilitet)
- Resultaten måste vara giltiga (kravet på validitet)
- Det ska vara möjligt för andra att kritiskt granska slutsatserna

När materialet från intervjuerna ska sammanställas är det viktigt att inte komprimera det insamlade materialet för tidigt. För att kunna göra en god reduktion av insamlad data är det viktigt att än en gång studera intervjuens syfte och huvudfråga. Att reducera intervjumaterial är ett viktigt led i analysen och främjar en kreativ process som väcker

nya frågor och som bidrar till en ökad förståelse inom området. Analysen av intervjumaterialet syftar till en djupare förståelse än vad beskrivningarna i sig ger och målet är att söka ett samband som ger en uppfattning om helheten (Lantz, 1993).

2.3 Metodkvalitet

2.3.1 Validitet och reliabilitet

Validitet beskriver i vilken mån ett resultat överensstämmer med verkligheten (Merriam, 1994). Eriksson & Wiedersheim-Paul (1999) menar att det är lämpligt att dela in validitet i en inre och en yttre validitet. Inre validitet har att göra med hur väl begrepp stämmer överens med den mätbara definitionen av dem. En forskare kan undersöka den inre validiteten, utan att först ha samlat in empirisk data. För att forskaren ska kunna erhålla en rimlig uppfattning om begreppets betydelse är det därför viktigt att hitta motsvarande empiriska kriterier. Den yttre validiteten avser hur väl utfallet av undersökningen överensstämmer med verkligheten (Eriksson & Wiedersheim-Paul, 1999).

Holme & Solvang (1997) menar att problemet med att nå en hög validitet inte är lika stort med en kvalitativ metod som med en kvantitativ metod. I en kvalitativ undersökning har forskaren en större närhet till enheten, det vill säga det eller den som ska studeras. Detta är dock inte helt problemfritt. Skulle forskarens upplevelse av situationen vara felaktig, eller om forskaren misstolkar enhetens motiv eller signaler, kommer validiteten att bli lidande. Ett annat problem uppkommer om en närhet mellan forskare och den undersökta enheten skulle uppstå. Detta kan skapa bestämda förväntningar och enheten kan bete sig på ett sätt som de tror att forskaren förväntar sig (Holme & Solvang, 1997).

Reliabilitet, eller tillförlitlighet, handlar om i vilken utsträckning ett resultat av en undersökning kan upprepas. Skulle andra forskare ha nått samma resultat om de använt sig av samma angreppssätt? Det kan vara svårt att mäta reliabiliteten i kvalitativa undersökningar då forskningen syftar till att beskriva och förklara människors beteende (Merriam, 1994). Ett sätt att säkerställa reliabiliteten är att vid observationer och intervjuer ha ytterligare en person närvarande, förutom observatören eller intervjuaren. Överensstämmer de båda registreringarna med varandra har en god nivå på reliabilitet uppnåtts (Patel & Davidson, 2003).

2.3.2 Källkritik

Källkritik är en urvalsmetod. Forskarens insamlade material värderas och bedöms. Det som inte är bra sorteras bort, och det som är bra sparas. Syftet med källkritik är att avgöra huruvida källan mäter det den avser sig att mäta, om den är väsentlig för frågeställningen samt huruvida den är fri från systematiska felvariationer. Tre viktiga kriterier forskaren kan använda sig av vid bedömningen av källor är; samtidskrav, tendenskritik och beroendekritik. Samtidskravet berör hur färsk informationen varit

när den skrivits ned. Antecknar forskaren noggrant under en intervju är samtidskravet väl uppfyllt. Försöker forskaren däremot, några veckor efter intervjun, erinra sig vad som sades för att sedan nedteckna det är samtidskravet inte lika väl uppfyllt. Tendenskritik används för att besvara frågor som: Vilka egna intressen har uppgiftslämnaren i denna fråga? Skulle två uppgiftslämnare lämna samma information kan det vara av vikt att undersöka huruvida de båda har hämtat informationen från samma källa, det vill säga en kontroll av om källorna är beroende av varandra (Eriksson & Wiedersheim-Paul, 1999).

Det kan också finnas fall då forskaren måste undersöka huruvida en källa är äkta eller inte (Eriksson & Wiedersheim-Paul, 1999).

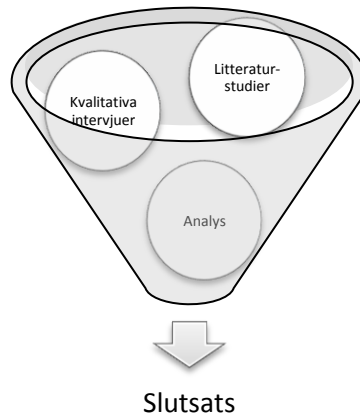
2.4 Genomförande

2.4.1 Val av metod

I studien kommer en induktiv arbetsgång att följas. Det finns inte någon tidigare vedertagen teori som ligger som grund för arbetet, utan en teori kommer istället att formuleras utifrån insamlad empiri. Anledningen till valet av ett induktivt arbetssätt är främst att det inte tidigare gjorts studier som berör studiens specifika frågeställning. För att förhindra att egna idéer och föreställningar ska påverka resultatet negativt så kommer en nära kontakt, och kontinuerliga resultatdiskussioner, med handledare att hållas. För att förebygga en brist i räckvidd och generalitet kommer aktörer med olika roller, och som är verksamma vid olika skeden i processen, att intervjuas.

Vidare kommer utgångspunkten för forskningen att vara av en kvalitativ typ. Den kvalitativa forskningen kommer att påverka hur studien kommer att generera, bearbeta och analysera insamlad information. Fokus kommer, i studien, att ligga på så kallad mjuk data, med kvalitativa intervjuer och tolkande analyser. Att utgångspunkten, för studien, kommer att vara kvalitativ innebär inte att studien även kommer att få ett kvantitativt perspektiv också. Flera frågor kommer att ställas till flera olika respondenter. Detta kommer att möjliggöra en kvantitativ sammanställning av respondenternas svar. Arbetet med jämförelsen av de olika standarderna kommer också att resultera i en tydlig kvantitativ sammanställning.

Metod



Figur 3. Metodval för studien.

Studien kommer att bedrivas som en fallstudie, det vill säga en undersökning av en mindre, avgränsad, grupp. Undersökningsenheten kommer att vara prefabricerade väggelement av betong. Anledningen till denna avgränsning är främst för att kunna möjliggöra en djup undersökning av toleranser av vald undersökningsenhet. En ytterligare anledning till valet av en fallstudie är att kunna undersöka problemformuleringen under verkliga förhållanden. Studien kommer att visa att en viss företeelse faktiskt existerar. För att nå en så utförlig bild som möjligt kommer tidiga litteraturstudier att kompletteras med observationer och intervjuer.

Studien kommer att inledas med litteraturstudier. Anledningen till detta är främst för att vidga kunskapsbasen. En annan viktig motivering bakom litteraturstudier är för att försäkra sig om att inte studera ett ointressant problem, producera en kopia av en tidigare studie eller att upprepa redan begångna misstag. Litteraturen som studerats är en kombination av böcker om ämnet, rapporter, avhandlingar, artiklar samt regelverk, standarder, förordningar och handböcker. Litteraturstudierna kommer att presenteras under rubriken *0. Teoretisk referensram*.

Observationer på byggarbetsplats och på fabrik kommer att utföras. För att säkerställa en god kvalitet på observationerna och för att undvika att de inte blir för tidsödande så kommer noggranna förberedelser att göras. Endast situationer och moment kopplade till toleranser av de prefabricerade betongväggelementen kommer att studeras. Observationerna kommer att varvas med intervjuer för att ge en så djup studie som möjligt.

Parallellt med observationerna kommer intervjuer att genomföras. Liksom vid observationerna så är noggranna förberedelser essentiella inför intervjuerna. De tidiga litteraturstudierna kommer att vara viktiga för att skapa ett förtroende med

respondenterna. Ett tydligt syfte, en målsättning samt en huvudfråga kommer att formuleras för att säkerställa ett gott resultat och för att undvika irrelevanta sidospår. Inför intervjuerna kommer även en urvalsram att uppföras. Urvalsramen kommer att innehålla en objektiv förteckning över de som kan komma att ingå i undersökningen. Informationen i urvalsramen kommer att bestå av relevant bakgrundsinformation om respondenterna. Intervjufrågorna kommer att konstrueras, under ett par veckor, parallellt med arbetet av den teoretiska referensramen. Utformningen av frågorna kommer sedan att diskuteras med handledare. Anledningen till det relativt omfattande arbetet med intervjufrågorna är att säkerställa en så hög kvalitet på intervjuerna som möjligt. Intervjuerna kommer att utgöra kärnan av studiens resultat. Det kommer att formuleras cirka 20 frågor. För att säkerställa ett kvalitativt resultat så kommer frågorna att innehålla en relativt låg grad av både standardisering och strukturering. Frågorna kommer att ha en viss grad av standardisering, då samtliga frågor kommer att vara klara inför respektive intervju. Dock kommer en relativt stor frihet att ges den som intervjuar att formulera och ordna frågorna allteftersom intervjun fortlöper. Beträffande graden av struktur så kommer intervjuobjektet att tillåtas ett tämligen stort utrymme att svara inom. Det är dock viktigt för den intervjuande att vara uppmärksam och inte tillåta intervjun att lämna området med den för studien relevanta informationen. Intervjuerna kommer att ledas av en av studenterna, medan den andra noggrant för anteckningar. Bearbetningen av materialet från intervjuerna kommer också att genomföras grundligt. Efter bearbetning och analys så kommer kompletterande intervjuer att genomföras. Intervjuerna kommer att genomföras en och en. Om inget annat anges så kommer alltså endast en respondent att intervjuas åt gången. Frågeställningarna och svaren presenteras under rubriken *4.4 Frågeställningar och resultat*.

För att nå en hög validitet i studien kommer en stor ansträngning att göras i arbetet med urvalsramen. Endast personer med stor kunskap inom sitt respektive område kommer att intervjuas. För att ytterligare öka validiteten så kommer respondenterna att kontaktas inför varje intervju. Vid denna, initierande, kontakt så kommer merparten av frågorna att presenteras, för att respondenterna i så stor utsträckning som möjligt ska kunna förbereda sig inför intervjun. Eftersom studien främst baseras på intervjuer och på öppna observationer finns en risk att reliabiliteten inte kommer att kunna säkerställas fullt ut. Oundvikligen så kommer egna tolkningar om organisationen, med dess möjligheter och svårigheter, att göras. Det är därför inte orimligt att medge att det inte är helt säkert att exakt samma resultat skulle uppnås om studien skulle upprepas. Reliabiliteten höjs med intervjutekniken, där en person leder intervjun och den andra för noggranna anteckningar.

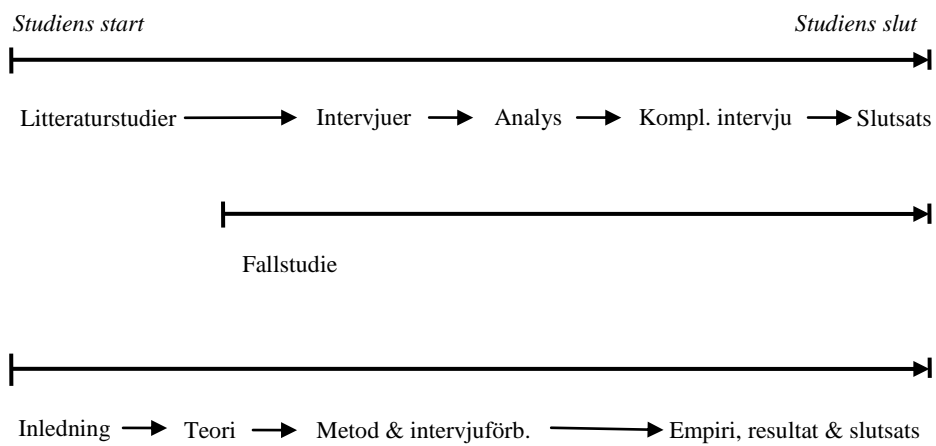
Vid insamlingen av källor så kommer litteratur och publikationer att granskas kritiskt. Endast information som anses relevant, tillförlitlig och aktuell kommer att behållas. Slutligen är det den individuella uppfattningen och erfarenheten som kommer att vara avgörande för urvalet av källmaterial.

2.4.2 Fallföretaget

Hädanefter kommer Skanska Stomssystem AB att benämnas som fallföretaget.

2.4.3 Arbetsgång

Studiens arbetsgång presenteras i tre nivåskikt, i *Figur 4*. Den översta raden illustrerar arbetsgången, den mellersta raden producerad text och den undre raden visar fallstudiens utsträckning.



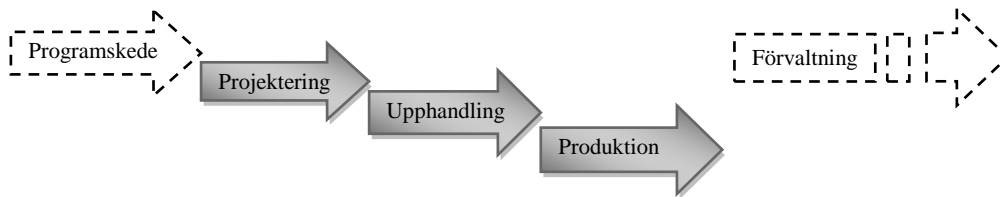
Figur 4. Studiens arbetsgång.

Metod

3 Teoretisk referensram

3.1 Byggprocessen

För att förtydliga fallföretagets processarbete följer nedan en generell beskrivning av byggprocessen. Byggprocessen indelas ofta i ett programskede, projekteringskede, upphandlingsskede, produktionsskede och förvaltningsskede (Holm, et al., 1987).



Figur 5. Byggprocessen vid general- och delad entreprenad. Vid totalentreprenad sker projekteringen istället efter upphandlingen. De ifyllda pilarna illustrerar fallföretagets process.

Programskedet innefattar en utredningsdel och en programdel. Vid utredningsarbetet undersöks användningsområdet för byggnaden samt storlek och orientering för byggnaden, med dess rum. Här studeras även vilka tekniska, miljömässiga och estetiska krav som ställs. De resultat som framkommit under utredningsskedet sammanställs till ett byggprogram. Byggprogrammet redovisar alla kända förutsättningar och krav som finns för byggnadens utformning enligt byggherrens önskemål. När byggherren granskat byggprogrammet fattas beslut om den fortsatta projekteringen (Nordstrand, 2000).

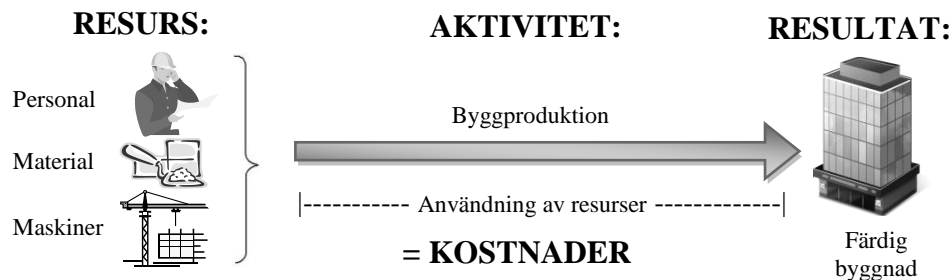
Projekteringskedet är ett svårt och komplext arbete. Här ska byggnadsverkets bygghandlingar, som uppfyller byggherrens alla önskemål och krav enligt programskedet, skapas. Dessa bygghandlingar ska sedan användas som underlag för dem som ska uppföra byggnaden eller anläggningen. Under projekteringen fattas kontinuerligt nya beslut om hur arbetet ska gå vidare. Den slutliga utformningen växer successivt fram. Projekteringsarbetet delas in i tre, på varandra följande, skeden. Första steget är en gestaltning som resulterar i förslagsritningar. Därefter följer systemutformningen, där bärande konstruktionssystem, installationssystem etcetera fastställs. Resultatet av detta steg utgör systemhandlingarna. Sista steget är detaljutformningen av byggnaden. Denna redovisas i tekniska beskrivningar och på ritningar, i form av bygghandlingar (Nordstrand, 2000). Den tekniska beskrivningen fyller en väl definierad och viktig roll bland de handlingar som upprättas för upphandling och produktion av bygg- och anläggningsprojekt. Genom att använda

Svensk Byggtjänsts referensverk AMA, *Allmän material- och arbetsbeskrivning*, blir beskrivningens utformning och struktur starkt standardiserad (Byggvärlden, 2008).

Upphandlingen inträffar när en beställare köper en tjänst, en entreprenad eller varor och utrustning. Detta preciseras genom att ett avtals skrivs mellan två parter. Upphandlingar pågår under hela byggprocessen. Nedan följer exempel på några upphandlingar (Nordstrand, 2000):

- Byggherrar och entreprenörer upphandlar projekteringstjänster av konsulter.
- Byggherren upphandlar bygg- och installationsentreprenader av en eller flera entreprenörer.
- Entreprenörer upphandlar byggvaror och underentreprenörer under byggtiden.
- Förvaltare gör upphandlingar av ombyggnader, underhållsarbeten etcetera.

Produktionsskedet administreras och genomförs huvudsakligen av byggentreprenören, som ofta har entreprenadavtal med byggherren. Principen vid byggproduktion är, som i flera andra produktframställande branscher, att en aktivitet ska utföras. För att möjliggöra detta måste en resurs utnyttjas, vilket i sin tur kommer att leda till en kostnad (Nordstrand, 2000).



Figur 6. Sambandet mellan begreppen aktivitet, resurs, resultat och kostnad (Nordstrand, 2000).

Innan själva byggandet kan starta måste byggentreprenören upprätta produktionshjälpmedel och en tillfällig fabrik i anslutning till byggobjektet. Detta kallas för byggplatsens *etablering*. Därefter kan själva byggproduktionen, det vill säga tillverkningen av huset, starta. Drift och skötsel av den tillfälliga fabriken tillkommer under hela byggtiden. Den sista delen av produktionsskedet är *avvecklingen*. Här tas all utrustning och anordning bort, och eventuella ingrepp i omgivningen återställs (Nordstrand, 2000).

Konsultorganisation, entreprenadform och entreprenadgränser har stor betydelse för hur mått- och toleransfrågor behandlas. Ofta är en byggnad resultatet av flera olika entreprenadformer. Om de av byggherren föreskrivna toleranserna ska kunna följas måste samtliga entreprenader vara väl måttsamordnade. Det är viktigt att entreprenören som ska överlämna objektet till byggherren i god tid tänker igenom, formulerar och kontrollerar de toleranskrav som sedan ska fördelas vidare på kedjan av underentreprenörer. Ansvar och tillvägagångssättet som dessa kontroller genomförs på beror på entreprenadformen (Holm, et al., 1987).

De vanligaste entreprenadformerna är delad, general- och totalentreprenad. Handlingar som förekommer i byggprocessen är (Holm, et al., 1987):

- Utredningshandlingar
- Förslagshandlingar
- Huvudhandlingar
- Bygghandlingar
- Upphandlingsdokument
- Produktionshandlingar
- Besiktning- och kontrolldokument

Förvaltningsskedet inleds då den egentliga byggprocessen är fullföljd. Förvaltningen tar vid då anläggningen överlämnas till byggherren. Den verksamhet som byggnadsverket är avsett för kan nu påbörjas av brukaren, vilket oftast är någon annan än projektets byggherre. De två centrala begreppen för förvaltningsskedet är *drift* och *underhåll* (Nordstrand, 2000).

3.2 Industrialisering av byggproduktion

Idag finns det en stor potential, i byggbranschen, att bygga mer resurssnålt. Lägre produktionskostnader, felfria produkter och kortare byggtider är några av de mål som är uppsatta hos dagens byggföretag. Ett sätt att klara av dessa mål är att industrialisera byggandet. Det har gjorts flera ansträngningar för att uppnå detta. Miljonprogrammet under 1960- och 1970-talet är kanske det mest kända och kraftfulla försöket.

Enligt Landin (2010) producerades det, under mitten av 1990-talet, endast 15 % av alla flerbostadshus industriellt. Det är en anmärkningsvärt låg siffra, där motsvarande siffra i Finland och i Danmark låg på cirka 70 %. I dagsläget har andelen byggarbeten i Sverige, som involverar prefabricerade konstruktionsdelar, uppnått samma nivå som hos våra grannländer (Landin, 2010).

3.2.1 Miljonprogrammet

1964 fattades beslutet att genomföra det så kallade Miljonprogrammet. En miljon bostäder skulle byggas under tio år. 100 000 bostäder årligen. Jämförelsevis byggs det idag ungefär 35 000 bostäder per år. Att möta detta behov innebar stora strukturella

förändringar i byggsektorn. Den omfattande tekniska utveckling som ägde rum efter kriget innebar en första ansats att industrialisera bostadsbyggandet, där förtillverkning av byggelement var en kärnfråga (Apleberger, et al., 2007). Den storskalighet, med upprepande teknik, som krävdes skulle ge maximala inkörningseffekter. Betongelementfabriker byggdes upp med statlig finansiering (Kämpe, 2008).

I mitten av sjuttioalet hade 1 006 000 bostäder byggts och målet hade därmed nåtts. Problemet med bostadsbristen var löst. Dåtidens ideal var en strävan efter enkelhet och upprepning. Väggar, golv och tak serietillverkades och inventarier massproducerades (Rutström, 2008). Det uppstod dock ett missnöje på grund av denna alltför stora upprepning. Tekniska brister, såsom bristande formatskärpa med tillhörande fula fogar, läckage och köldbryggor, bidrog ytterligare till hård kritik (Kämpe, 2008).

Resultatet av Miljonprogrammet, med sina problem som stadsbyggnadstekniska misstag och brist på varierad arkitektur, har enligt somliga satt en dålig prägel på projektet. Andra menar att byggverksamheten var tekniskt och produktionsmässigt lyckad. En allmän syn på projektet är ändå att byggandet var mer industrialiserat då, jämfört med idag. En förutsättning för att framgångsrikt kunna bygga industrialiserat är att kunna bygga flexibla planlösningar, med varierande och tilltalande gestaltning (Apleberger, et al., 2007).

3.2.2 Industriellt eller industrialiserat?

Begreppet *industrialisering av produktionen i byggbranschen* delas ofta upp i två delar, *industriellt byggande* och *industrialiserat byggande*. Industriellt byggande innebär att tillverkningsprocesserna sker i en sluten miljö och att endast montagearbetena sker på byggplatsen. Industrialiserat byggande, däremot, betyder att bygg- och planeringsprocessen drivs enligt industriella principer, med bland annat användning av förtillverkade komponenter. En övervägande del av produktionen sker dock på byggplatsen (Apleberger, et al., 2007).

Målet med ett industriellt, alternativt industrialiserat byggande, är att nå lägre kostnader, kortare byggtider, förbättrad arbetsmiljö, ökad lönsamhet och att säkerställa rätt kvalitet. Frågor som behandlas är följande (Apleberger, et al., 2007):

- Ökad helhetssyn och ökad integrering i processen.
- Större produktorientering istället för att tillhandahålla olika byggtjänster.
- Tillämpa industriell logik och industriella metoder i byggandet
- Fokus på processer och flöden.
- Strukturerade och systematiska arbetssätt.
- Användning av avancerad informations- och kommunikationsteknik.

3.2.3 Slutna eller öppna system?

Vid industrialisering av byggprocessen är det nödvändigt att se byggnaden som ett komplext system, som innehåller olika delsystem. Dessa delsystem kan delas in i (Apleberger, et al., 2007):

- Bärande stomme
- Klimatskydd
- System och inbyggd utrustning för rumsfunktioner
- Tekniska försörjningssystem

Delsystemen kan sättas samman av olika komponenter, eller moduler. För att maximera effekten av en industrialisering av byggandet ska alla delsystemen hanteras på ett industriellt sätt. Nivån på industrialiseringen kan dock skilja sig mellan de olika delsystemen (Apleberger, et al., 2007).

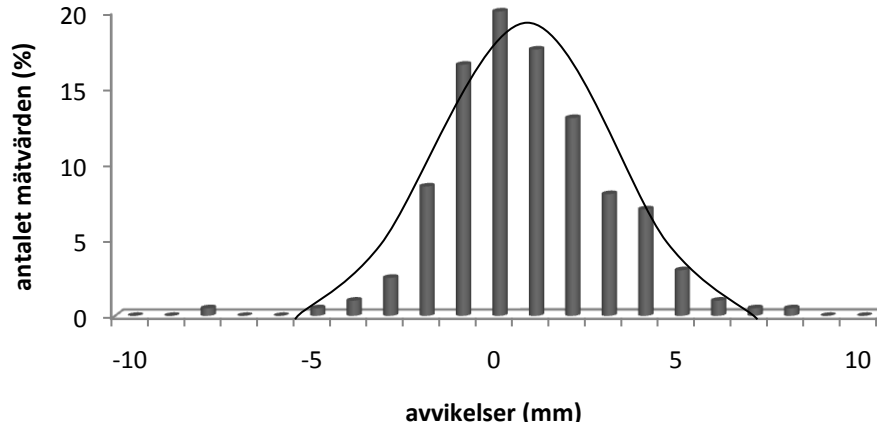
Industrialiseringen blev en omdebatterad strategi, där den främsta frågan gällde huruvida slutna eller öppna system skulle utvecklas (Adler, 2005).

Slutna system bygger främst på företagsspecifika byggmetoder och komponenter. Dessa är ofta egentillverkade och till viss grad standardiserade. De är dock inte tillräckligt standardiserade för att passa med komponenter i andra system. Ofta är det slutna systemet tämligen komplett och är normalt knutet till en särskild tillverkare och leverantör (Apleberger, et al., 2007). De slutna systemen med dess ingående delar anses vara tillverkningshemligheter. (Adler, 2005).

Öppna system bygger på måttstandardisering, en industriell tillverkning av byggdelar samt komponenter som går att kombinera fritt. Ett öppet system är oberoende av leverantör och ger därför större flexibilitet. Ett problem vid öppna system är att sammanfogningstekniker och modeller idag inte är tillräckligt standardiserade (Apleberger, et al., 2007).

3.2.4 Industrialisering och toleranser

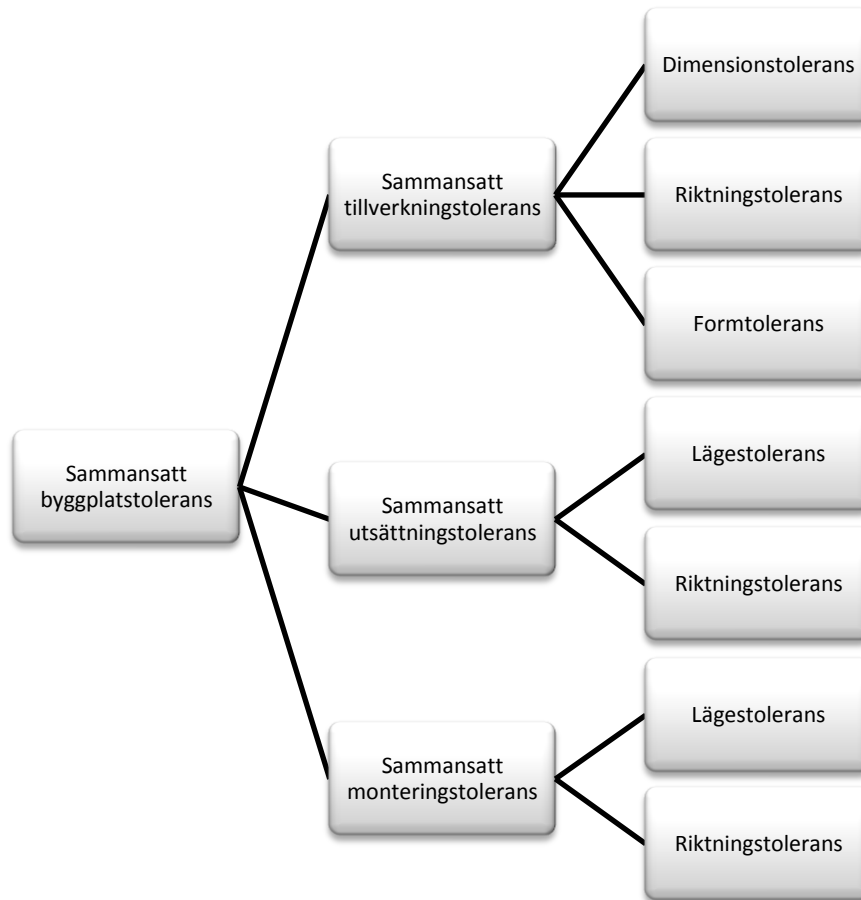
En förutsättning för en industriell produktion är effektiva måttoleranser. Effektiva måttoleranser är inte synonymt med snäva toleranser. Inom verkstadsindustrin har vikten av effektiva toleranser länge varit en självklarhet. Byggindustrin har dock först på senare år börjat komma till insikt med detta faktum och förståelsen växer kontinuerligt. Ökade rutiner för kontroller samt en ökad respekt för mått är tendenser som kan urskiljas i dagens byggindustri. Toleranser är ett redskap för att eliminera fel- och justeringskostnader manifesterade i bilning och efterlagningar (Holm, et al., 1987).



Figur 7. Exempel på uppmätta breddavvikelser hos fasadelement i betong (Holm, et al., 1987).

Holm, et al. (1987) refererar till en engelsk rapport, från 1985, som menar det i genomsnitt blir fem gånger så dyrt att rätta till ett fel jämfört med att göra det rätt från början. Idag talas det, i branschen, om att felet blir tio gånger så dyrt vid varje nytt steg som felet följer med i processkedjan (Holm, et al., 1987).

Elementindustrin, i Sverige, är idag väl medveten om toleranser. För att möjliggöra en realistisk toleranssättning håller elementindustrin, genom fortlöpande produktkontroller, reda på uppnådda tillverkningsavvikelser. I *Figur 7* framgår att breddtoleransen ± 5 millimeter är fullt rimlig. Dessa tillverkningstoleranser är en viktig förutsättning för att kunna sätta en realistisk byggplatstolerans, där dock även utsättnings- monterings-toleranser ingår. Se *Figur 8* (Holm, et al., 1987).



Figur 8. Samband mellan toleranser.

Vid sammanräkningen av de olika toleranserna tas även deras inbördes samspel i beaktning. Sammanräkningen av de olika toleranserna beskrivs i standarden SS-ISO 3443/4. För information om ISO-standarder se avsnitt 3.3.5 *Standarder, regler och föreskrifter*. Förutsättningen för att kunna göra detta är att samtliga toleransslag har en statistisk fördelning, likt den i *Figur 7*. Byggplatstoleransen beräknas ur övriga toleranser enligt statistiska principer (Holm, et al., 1987).

3.2.5 Utvecklingen av Prefab

Med en korrekt användning av betongelement kan en byggnad snabbt monteras samman, eftersom alla komponenter i byggnaden passar ihop, såväl skåp och annan inredning som stomdelar och fasader. En förutsättning är dock, att projektering och byggande baseras på en rationell användning av toleranser och att ingående komponenters måttoleranser och deformationsegenskaper är kända. Dessutom ska

utsättning och montering av komponenterna ske inom de anvisade toleransernas gränsintervall (Betongvaruindustrin, 2009).

Westerlund (2007) hävdar att alla är överens om att det framförallt är *processen* som bör industrialiseras och inte *produkterna*. Det är momenten och delarna i processen som måste moderniseras (Westerlund, 2009).

Idag erbjuder flera av betongföretagen helt kompletta fasadlösningar. Nedan följer tre utdrag ur vad som går att läsa på några av Sveriges största betongföretags hemsidor:

- *Färdig Betong* beskriver hur de utnyttjar både den platsgjutna väggens fördelar när det gäller kraftöverföring mellan stomdelar samt den prefabricerade väggens rationalitet och fina yta. Idag används det också armering för att öka draghållfastheten i betongen, tillsatsmedel för att förbättra betongens bearbetbarhet och avancerade program för att beräkna konstruktioners egenskaper (Färdig Betong, 2010).
- *Abetong* skriver att eftersom betong är ett kretsloppsanpassat material kan byggelementen också återanvändas. Detta underlättar även vid senare förändringar eller tillbyggnader (Abetong, 2010).
- *Strängbetong* skriver att de genom en tidigt kontakt i processen kan bidra med gedigen kompetens vid utvecklingen av byggnadens fasadlösning (Strängbetong, 2010).

3.3 Toleranser

3.3.1 Definition av begreppet avvikelser

Att finna en entydig definition av ordet *avvikelse* i litteraturen är inte lätt. Olika författare och regelverk har olika definitioner av begreppet. Det finns även många synonymer till ordet, såsom; störning, avsteg, problem, brist, tillbud och fel. I denna rapport kommer avvikelse att vara synonymt med *fel*. Några av definitionerna, i litteraturen, på avvikelse är:

- Svensk Standard SS 02 01 04 definierar en avvikelse som "*icke-överensstämmelse med krav*"
- Schenkel (2003) menar att "*avvikelser är sådant som skiljer sig från föreskrivna procedurer, processer eller normer*".
- Perssons & Svedbergs (2007) avvikelseedefinition för ett byggföretag är: "*En avvikelse är en aktivitet eller ett resultat som inte motsvarar fastställda krav och kan orsakas av alla inblandade aktörer*".

En omfattande studie av felkostnader utfördes av FoU-Väst och Chalmers Tekniska Högskola mellan åren 1994 och 1996. FoU-Väst är ett samarbete mellan olika aktörer

och högskolor i byggsektorn. Studien konstaterade att en genomsnittlig felkostnad motsvarade 4,5 % av projektkostnaden. I studien analyserades sju stycken olika byggprojekt och felkostnaderna för de olika projekten varierade mellan 2,3 % och 9,4 %. Utvärderingar av mätmetoderna visar att alla fel inte upptäcks. Detta beror bland annat på att vi inte hinner, eller har kunskapen att, uppfatta alla fel som uppstår. En mer realistisk siffra på felkostnaden för ett byggprojekt är därför cirka 10 % (Josephson & Larsson, 2001).

Josephson & Larsson (2001) konstaterar att uppemot 70 % av alla fel kan upptäckas tidigare, varav 30 % kan upptäckas relativt enkelt. Att kostnaden för ett fel kraftigt tilltar ju senare den åtgärdas har redan konstaterats. Nyckelpersonerna för att kunna upptäcka fel tidigt är projektörerna och produktionsledarna. De har tillsammans den bredaste överblicken och därmed även den största möjligheten att upptäcka fel. Projekterings- och ledningsfel utgör dessutom de vanligaste felen. Flest fel uppkommer i installationer. De är, liksom projekterings- och ledningsfel, enkla att upptäcka tidigt, men de lämnas ofta utan åtgärd (Josephson & Larsson, 2001).

Vidare belyser Josephson & Larsson (2001) vikten för byggföretagen att utveckla och informera individerna för att uppnå en högre kunskap och erfarenhet samt för att möjliggöra för dem att ifrågasätta och reflektera över den egna arbetsinsatsen. Tanken är att individen ska förstå dess roll i byggprojektet för att kunna förstå slutresultatet. Samordning och samverkan är två centrala begrepp som också belyses. Beställare och inköpare måste agera mer långsiktigt. I en organisation där aktörer och individer känner varandra och varandras arbetssätt möjliggörs en närmare samverkan och större förståelse för varandras arbeten. Varje aktör måste också bli bättre på att planera och kontrollera sitt eget arbete. Ansvariga projektledare måste initiera och stödja skapandet av rutiner för de mest kritiska aktiviteterna (Josephson & Larsson, 2001).

3.3.2 Definition av begreppet toleranser

Som beskrevs i avsnitt 3.2.4 *Industrialisering och toleranser* är, enligt Holm, et al. (1987), toleranser ett redskap för att eliminera fel- och justeringskostnader manifesterade i bilning och efterlagningar.

Enligt Sveriges Byggindustrier (2000) är definitionen av toleranser:

”Ett icke-uppfyllande av specificerat krav (=avvikelse) som godkänns, det vill säga en icke-avvikelse”

Ett av de första stegen i en process att skapa något involverar praktiskt taget alltid att en ritning över den tilltänkta produkten tas fram. Syftet med ritningen är att

möjliggöra kommunikation med andra involverade i processen, eller med vederbörande själv. Ritningen understöder också själva skapelseprocessen, genom att klargöra hur produktens olika komponenter ska samverka med dess avsedda funktioner. Ritningen förses sedermera med mått och dimensioner för de olika komponenterna och deras inbördes avstånd. Måtten och avstånden i ritningen består dock endast av idealiseringar av verkligheten. I verkligheten existerar inte några perfekt dimensionerade delar, helt räta linjer eller, på ritningar, exakta mått. Skillnaden mellan angivet och verkligt mått kallas måttavvikelse. I de allra flesta fall är denna avvikelse helt betydelselös. Den kan antingen vara så pass liten att den helt enkelt kan försummas, eller så är det en enstaka avvikelse i ett material, exempelvis trä, som enkelt kan korrigeras till korrekt dimension. Vid byggande i en större skala, däremot, kan måttavvikelse vara lite vanskeligare. Vid ett industriellt byggande, med många olika förtillverkade komponenter som ska passa ihop, skulle det inte fungera om snickare hela tiden var tvungna att behöva korrigeras komponenterna för att få dem att passa med varandra. Det är därför viktigt att tydliga krav formuleras för hur mycket, och i vilka avseenden, som de verkliga måtten får avvika från ritningens. Hjälpmålet för att uttrycka dessa krav kallas toleranser (Holm, et al., 1987).

Toleransmålet visar mellan vilka två gränser ett mått får variera. Endast toleransvärden som är angivna direkt på ritningar eller genom hänvisning till annat dokument är giltiga som överenskommelse mellan tillverkare och mottagare. Den standardiserade referenstemperaturen för mätning är 20 grader Celsius. För plast och gummi är dock referenstemperaturen 23 grader Celsius (Lilja, Olsson & Wickström, 1999). Det är vanligt att toleranser anges i beskrivningen genom hänvisning till AMA Hus 08. Viktiga toleranser kan dock ibland anges direkt på ritningen. Måttsättning och toleransangivelse sker då enligt standarden SS-EN ISO 6284. Vissa toleranskrav anges i nationellt gällande regelsamlingar, BKR, *Boverkets Konstruktionsregler*. Dessa toleranskrav ska tillgodose samhällets krav på säkerhet (Betongvaruindustrin, 2009). På ritningar anges toleranserna normalt efter själva *basmåttet*, exempelvis $1\ 800 \pm 10$. I byggbranschen används ofta symmetrisk toleranssättning, det vill säga samma plus- som minusvärde. I andra branscher förekommer även osymmetrisk toleranssättning, där plus- och minusvärdet kan vara olika (Holm, et al., 1987).

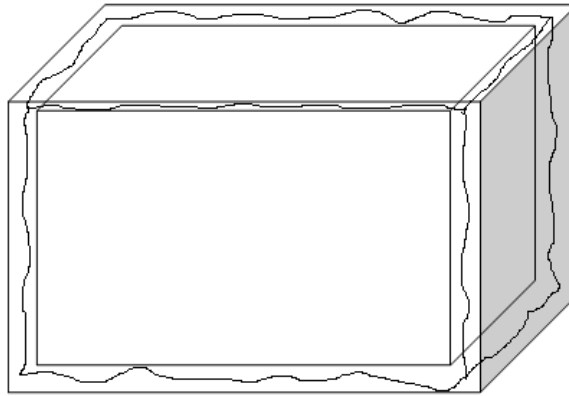
3.3.3 Måttavvikelser

Begreppet måttavvikelser kan med fördel delas in i tre stycken kategorier; *hur* de yttrar sig, *när* de yttrar sig och *varför* de yttrar sig.

Hur en avvikelse yttrar sig är, enligt Holm, et al. (1987), en rent geometrisk fråga, som kan avse:

- Längd - Exempelvis kantlängden i ett fasadelement
- Form - Exempelvis buktigheten i ett fasadelement
- Läge - Exempelvis avståndet från en referenspunkt till en punkt på elementet

De geometriska avvikelserna sammanfattas vanligtvis med den så kallade lådprincipen, se *Figur 9*. Principen går ut på att ett elements gränser, på ett optimalt sätt, innesluts i en inre och en yttre låda. Elementet innesluts således av en yttre låda och innesluter en inre låda. Avståndet från dessa båda lådor till en idealisk låda jämförs sedan med toleranserna för elementet. Lådan har i regel en parallelepipedisk utformning, eftersom de flesta byggnadselementen har en sådan form. Även om denna metod har försökts realiserats i en referensmodell är lådprincipen idag närmast en tankemodell. I normala fall delas avvikelserna in, efter längd, form och läge, och mäts enligt standardiserade metoder (Holm, et al., 1987). Se vidare avsnitt 3.3.5 *Standarder, regler och föreskrifter*.



Figur 9. Lådprincipen.

När en avvikelse yttrar sig syftar till när, i byggprocessen, avvikelsen uppstår. Det talas om tre olika avvikelser, som tillsammans resulterar i en fjärde;

- Tillverkningsavvikelse
 - Utsättningsavvikelse
 - Monteringsavvikelse
- } - Byggplatsavvikelse

En tillverkningsavvikelse uppstår på elementfabriken, medan utsättnings- och monteringsavvikelserna uppstår på byggarbetsplatsen (Holm, et al., 1987). På samma sätt som det talas om avvikelser i de olika skedena talas det även om toleranser. Genom att väga samman en komponents tillverknings-, utsättnings- och monterings tolerans kan projektören bestämma en realistisk byggplatstolerans. På omvänt sätt kan entreprenören, på byggarbetsplatsen, bedöma vilka krav som ska sättas på utsättning och montering för att föreskriven byggplatstolerans ska mötas. Sambandet mellan de olika toleranskraven illustreras i *Figur 8* (Betongvaruindustrin, 2009).

Med uppgifter om måttoleranser för ett betongelement projekteras en byggnad med realistisk måttsättning, och dess montage kan planeras rationellt. Projektören utgår från de funktionskrav som ställts av beställare/byggherre, med avseende på fri takhöjd, täthet i fogar, eller placering av inredning och installationer. Funktionskraven översätts till måttkrav, vars avvikelser begränsas i byggplatstoleranserna. Med rätt teknik, samt entydiga utgångspunkter för mätning, så kan utsättning och montering underlättas (Betongvaruindustrin, 2009).

Varför en avvikelse uppstår avser, enligt Holm, et al. (1987), huruvida avvikelsen är:

- Systematisk
- Tillfällig
- (Tidsberoende)

Systematiska avvikelser är avvikelser som kan kopplas till specifika orsaker. Exempel på systematiska avvikelser kan vara att väggelement som ska monteras med fog, istället staplas utan fog. De kan också vara orsakade av instrumentfel vid utsättningen. När de systematiska avvikelserna upptäckts och korrigerats försvinner de. De tillfälliga avvikelserna, däremot, kan aldrig helt elimineras. De kan inte heller kopplas till någon känd, enskild orsak. En hel del kan göras för att förhindra dem, men att helt bli av dem är dessvärre inte möjligt. Människan är helt enkelt ofullkomlig och kommer alltid att kunna begå misstag. Storleken hos de tillfälliga avvikelserna bestäms normalt med den så kallade standardavvikelsen, s (Holm, et al., 1987).

$$s = \sqrt{\frac{(\text{summan av enskilda avvikelser})^2}{\text{antalet mätningar} - 1}}$$

Formel 1. Standardavvikelsen.

Det är de systematiska avvikelserna, a_s , som de inblandade aktörerna normalt eftersträvar att eliminera. Det är oftast här de största besparingarna kan göras. Tillverkarna tillämpar internkontroller och utsättare och montörer använder sig av förutbestämda metoder och rutiner för att minimera de systematiska avvikelserna. För att beräkna den totala måttavvikelsen för exempelvis en 16 väggelement lång vägg används *Formel 2* (Holm, et al., 1987):

$$\text{avvikelse} = 16a_s + \sqrt{16s^2}$$

Formel 2. Den totala måttavvikelsen med avseende på standardavvikelsen och de systematiska avvikelserna. Siffran 16 visar hur många element som ska monteras ihop (Holm, et al., 1987).

Antar vi att både den systematiska, a_s , och den tillfälliga, s , avvikelsen är två millimeter bli den totala måttavvikelsen 32 ± 8 millimeter. Lyckas vi, däremot, eliminera de systematiska avvikelserna blir den totala avvikelsen endast ± 8 millimeter (Holm, et al., 1987).

Ytterligare en typ av avvikelse, som svarar på frågan *varför*, är de tidsberoende avvikelserna. Betongvaruindustrin (2009) skiljer på begreppet deformationer och måttavvikelser. Deformationer av betong uppstår till följd av belastning, förspänning, krypning och krympning (Betongvaruindustrin, 2009). Detta beaktas lämpligen med att ett tillägg, exempelvis till fogens basmått, görs. En viktig aspekt med en tidsberoende deformation är att den påverkar elementets mått under tiden från tillverkning till slutbesiktning. Detta är viktigt att beakta vid en kontrollmätning, samt när tidpunkten för denne bestäms (Holm, et al., 1987). Skulle ett bjälklag belastas med stora mängder byggmaterial vid kontrollskedet så kan en betydande del av avvikelserna utgöras av deformationer. Deformationer av eventuella tillfälliga snedbelastningar, under montage, ingår i angivna toleranser, medan deformationer orsakade av förspänning och yttre belastningar inte innefattas (Betongvaruindustrin, 2009).

Grova avvikelser utgör också en kategori avvikelser. De grova avvikelser, som kan vara både tillfälliga och systematiska, är normalt så pass grova att de enkelt upptäcks. De kan bero på felaktiga måttuppgifter, felaktig avläsning, förbiseende etcetera (Holm, et al., 1987).

3.3.4 Toleranskrav

DFMA, *Design for manufacture and assembly*, är en samling metoder och verktyg som arbetats fram för en mer produktorienterad utveckling av produkter med avseende på hela livscykeln. Grundtesen för DFMA är bland annat vikten av enkelhet, standardisering, rationella och genomtänkta konstruktioner, teamwork samt att eliminera operationer som inte tillför värde. En av DFMA's grundteser är även att ha största möjliga toleranser, då snäva toleranser ger onödiga extrakostnader (SBUF, 2009). Betongvaruindustrin (2009) beskriver problemet med att det av kostnadsskäl inte skall användas toleranser snävare än vad som krävs med hänsyn till bärförmåga, funktion och utseende. Element måste hålla en viss måttnoggrannhet för att passa in i ett hus, vilket anges med toleranser. Toleranser bör sättas med tanke på estetik, funktion och tillverkningsmetod (Betongvaruindustrin, 2009).

Den huvudsakliga förutsättningen för krav på toleranser är att det finns ett behov av dem. Olika intressenter i byggprocessen har olika behov, och således även olika krav. Intressenterna bildar en så kallad *intressentstege*, där krav bestäms i högre led måste, genom avtal och i den mån de berörs, innehållas i underliggande led. Detta utesluter dock inte att de olika intressenterna kan sätta upp egna krav, för att därmed optimera sin egen insats. Intressentstegen ser ut som följer (Hultenberger, 1983):

1. Samhället
2. Beställare/Byggherren
3. Entreprenören
4. Producenten

Intressentstegen visar även en tidsaspekt, där kravets giltighetstid ökar desto högre upp på stegen den ligger. Samhällets krav är, till exempel, i regel avsedda att fungera över objektets hela livslängd. Byggherrens krav är att avsedda att garantera objektets individuella brukstid, entreprenörens krav ska gälla under produktions- och garantitiden och producentens krav är baserade på att garantera förväntad brukstid och tillfredställande kvalitet vid leveranstillfället (Hultenberger, 1983).

Ju längre ner på stegen desto strängare och mer omfattande blir i regel kraven. Detta beror på att produktionen ska kunna motsvara de olika aktörernas sammanlagda kravlista. Samhällets krav, som har sitt ursprung i lagtext, avser huvudsakligen krav på säkerhet och hygien. Bakgrunden till beställarens krav bör vara funktionen. Kraven översätts till toleranskrav, som sedan kan kontrolleras med fastlagda metoder. Entreprenören har, förutom sina krav grundade i myndighetsföreskrifter och med beställaren avtalade toleranser även sina egna toleranskrav. De egna toleranskraven har satts upp för att optimera det egna arbetet och för att minimera egna kostnader. Således har producenten, slutligen, både samhällets, byggherrens, entreprenörens och sina självpåtagna toleranskrav att beakta (Hultenberger, 1983).

En tillverkningsmetod för snävare toleranser är i regel alltid dyrare än en för vidare toleranser. Detta beror enligt Hultenberger (1983) på att den förstnämnda metoden kräver:

- Större yrkesskicklighet
- Större omsorg
- Bättre hjälpmedel
- Extra arbetsmoment
- Eventuellt större kassation

En viktig kategori för toleranser är där en måttavvikelse kan få konsekvenser för bärförmågan hos en konstruktionsdel. Är exempelvis upplagslängden i en bärande konstruktionsdel otillräcklig kan säkerheten och beständigheten komma att påverkas. Är armeringens läge, i en bärande konstruktionsdel, inte tillfredsställande påverkas också säkerheten och beständigheten. Avvikelser som berör säkerheten regleras av föreskrifter i gällande normer. För betongkonstruktioner regleras de i BBK, *Boverkets handbok om betongkonstruktioner* (Holm, et al., 1987).

En annan viktig kategori för toleranser är de som har med byggnadens goda funktion att göra. Dessa regleras inte i någon större utsträckning i normer, men kan vid ogynnsamma situationer få stora konsekvenser. De kan exempelvis påverka

byggnadens ekonomi och hygien. Ett tydligt exempel på detta är fogar mellan fasadelement. Skulle dessa måttkänsliga detaljer inte klara toleranskraven, utan släppa in vatten i fasadens inre, skulle en rad besvärande konsekvenser riskera att uppstå. Fuktskador och värmeförluster, i form av köldbryggor, är bara två exempel på sådana konsekvenser (Holm, et al., 1987).

3.3.5 Standarder, regler och föreskrifter

Nedan presenteras en kort beskrivning över, för studien, relevanta standarder, regler och föreskrifter.

BKR

BKR innehåller regler om bärförmåga, stadga och beständighet hos bärande konstruktioner etcetera. Författningen innehåller föreskrifter och allmänna råd till PBL, *Plan- och bygglagen*, BVL, *Lagen om tekniska egenskapskrav för byggnadsverk*, samt BVF, *Förordningen om tekniska egenskapskrav för byggnadsverk*. Begreppet toleranser ges inte något stort utrymme i denna nationella regelsamling. Under rubrik 2:5 *Projektering och utförande*, i BKR, konstateras det kort att det vid utförandet ska tillses att avvikelser från nominella mått inte överstiger gällande toleranser (Boverket, 2010). Toleranskraven som anges i BKR är till för att tillgodose samhällets krav på säkerhet (Betongvaruindustrin, 2009).

Under rubrik 7:25 *Mått- och formavvikelser*, i BKR, beaktas betongkonstruktionstoleranser för tvärsnittmått och armeringens läge enligt två olika alternativ (Boverket, 2010). Boverket (2004) konstaterar att toleranser avser att täcka tillfälliga, ej avsiktliga avvikelser, i utförandet. Normalvärden för toleranser för platsgjutna betongarbeten anges i den, i mars 2010, fastställda standarden SS-EN 13670:2009 och toleranser för täckande betongskikt ges i SS 13 70 10. Dessa toleranser gäller om inte andra toleranser anges på ritning eller i annan handling (Boverket, 2010).

AMA Hus 08

AMA Hus 08 är en del av den sjunde, och senaste, generationen av den *allmänna material- och arbetsbeskrivningen*, som ges ut av Svensk Byggtjänst. AMA Hus 08 är avsedd att tjäna som underlag vid upprättande av tekniska beskrivningar, beskrivet i avsnitt 3.1 *Byggprocessen*. Syftet är att förenkla arbetet med att formulera beställarens krav på den färdiga produkten och dess delar (Svensk Byggtjänst, 2009).

Under rubriken 27.C/31 beskrivs toleranserna för *Stomytternväggar - element av betong*. Toleranserna beskrivs i en tabell med följande tio mått (Svensk Byggtjänst, 2009):

- Buktighet
- Lutning
- Läge i sida från närmaste sekundärlinje
- Läge i nivå för elementens överkant från sekundärpunkt i nivå
- Avstånd mellan närbelägna väggar
- Fogbredd
- Fogsprång, insida/utsida
- Fogsprång, upplag bjälklag
- Fogförskjutning, insida och utsida
- Läge i nivå mellan intilliggande fönster

I AMA Hus 08 beskrivs endast byggplatstoleranserna, det vill säga inte tillverknings-, utsättnings- och monterings-toleranserna. Toleranserna för stomytterväggar delas in i två klasser; *klass A* och *klass B*. Klass A är snävare än eller likställt med klass B. Väggar som ska utgöra underlag för invändiga väggbeklädnader och för invändigt målade ytskikt, med underbehandling, ska uppfylla kraven för klass A. Observera att dessa toleranser inte ska förväxlas med ytojämnheter, vilka delas in i tre klasser, A, B och C. Annars är det upp till beställaren att specificera vilken klass som ska uppfyllas. I tabellen anges även en måttdefinition som beskriver hur toleranserna ska kontrollmätas (Svensk Byggtjänst, 2009).

31B

Betongvaruindustrin behandlar toleranser i sitt häfte *31B*, som ingår i handboken *Bygga med prefab*. Till skillnad från AMA Hus 08, som endast definierar byggplatstoleranserna, så preciserar Betongvaruindustrin både tillverknings-, utsättnings-, montage- och byggplatstoleranserna. Liksom i AMA Hus 08 delas toleranserna, för de studerade ytterväggarna, in i två klasser och varje tolerans följs av en måttdefinition som beskriver kontrollförfarandet. Tillverkningstoleranserna för ytterväggarna anges i *Tabell 22, Väggar och skärmar*. Tillverkningen har betydligt fler måttoleranser att förhålla sig till än utsättning och montage, med bland annat höjd, bredd och läge för fönster, dörröppningar, infästningsdetaljer, håltagningar etcetera. Utsättnings- och monterings-toleranserna anges i *tabell 23* och beskriver endast läge i sida, läge i nivå samt läge i nivå mellan intilliggande fönsteröppning. I *tabell 24* anges sedan byggplatstoleranserna som är snarlika byggplatstoleranserna angivna i AMA Hus 08 (Betongvaruindustrin, 2009). En jämförelse mellan toleranserna från de olika aktörerna presenteras i *Bilaga 1*.

ISO-standarder

Det finns en mängd internationella ISO-standarder, med regler för hur man preciserar produktdata i teknisk dokumentation, exempelvis i ritningar. Dessa regler är nästan undantagslöst anpassade för CAD, men tyvärr också bara för en tvådimensionell visning (Ny teknik, 2001). Svensk byggstandardisering ligger i många avseenden i spetsen av den internationella standardiseringsutvecklingen inom toleranser och

mätteknik. Detta har medfört att det svenska synsättet, i stor utsträckning, har blivit alltmer internationellt vedertaget (Holm, et al., 1987). Nedan följer två av dessa standarder.

Form- och lägestoleranser anges i ISO 1101. Finns det en svensk översättning av standarden och/eller är publicerad av SIS, läggs SS, svensk standard, till innan koden. ISO 1101 heter alltså som standard i Sverige SS-ISO 1101, Form- och lägestoleranser. Med denna standard avses toleranser för form, riktning, läge och kast. Standarden gör det möjligt att specificera toleranskrav så att funktionen garanteras, utan att behöva ange onödigt snäva toleranser (Lilja, et al., 1999).

ISO Tolerans- och passningssystem, vars huvudstandard är SS-ISO 286-1, är främst avsedd för element med cirkulärcylindrisk form, alltså hål och axlar. Toleransangivning enligt detta system görs med en bokstav och en sifferkombination (Lilja, et al., 1999).

Europeiska standarder

I BKR 1:4, se *Bilaga 2*, går att utläsa att om en europeisk harmoniserad produktstandard finns för en specifik produkt, så måste den uppfyllas för att produkten ska kunna få CE-märkas. För förtillverkade betongprodukter så finns en gemensam europeisk standard, *SS-EN 13369:2004*. Toleranserna i denna finns angivna i *Bilaga 3*. För att uppfylla de europeiska kraven hänvisas det dock i regel till en specifik standard för varje produkt. För väggelement gäller europastandarden *SS-EN 14992:2007 Förtillverkade betongprodukter – Väggelement*. Toleranserna för denna finns beskrivna i *Bilaga 4*. Som ett delkrav för att uppfylla denna standard krävs att den gemensamma standarden, *SS-EN 13369:2004*, är uppfylld (Svenmar, pers. medd., 2010-03-03).

3.3.6 Certifiering

Det ställs ett flertal olika krav på svenska byggprodukter idag. För att nå en överblick kan dessa delas in i internationella krav, nationella krav och, i vissa fall, beställarens egna krav. De som utfärdar de krav som ställs i Sverige är Boverket. Dessa krav står angivna i BKR, *Boverkets konstruktionsregler*, och BBR, *Boverkets byggregler*, då det gäller prefabricerade betongelement. Här hänvisas även till de europeiska produktstandarder som ges ut av CEN, *the European Committee for Standardization* (CEN, 2010). Dessa produktstandarder ger sedan möjligheter till CE-märkning.

Inom betong- och ballastområdet används bland annat certifieringsmärket BBC, *Betong och Ballastcertifiering*. Certifiering av förtillverkade betongelement mot BBC-märket, omfattar dels de nationella krav på en produkt som är avsedda att sättas på den svenska marknaden, och dels kvalitetskrav som fastställts av Nordcert i samråd med ett tekniskt råd, som utgörs av betongbranschen (Åberg, pers. medd.,

2010-05-19). Företaget som utför denna certifiering i Sverige heter Nordcert och är ackrediterat av SWEDAC (Nordcert, 2008).

3.3.7 Mått- och modulkoordinering

I standarden SIS 05 02 02, utkommen under 1960-talet, formulerades följande avsikt med modulkoordinering:

”Ändamålet med modulsamordning är att rationalisera byggproduktionen genom att möjliggöra en samordnad måttstandardisering av byggelement, så att generellt användbara byggelement kan tillverkas industriellt och sammanbyggas med andra byggelement med minsta möjliga inpassningsarbete och materialspill.” (SIS 05 02 02)

Modulkoordinering syftar även, enligt Holm, et al. (1987), till:

- att förenkla arbetet på byggarbetsplatsen, bland annat vid utsättning av mått och vid montering samt inplacering av modulanpassade byggelement.
- att förenkla projekteringsarbetet, genom att rationalisera måttsättningen och översiktligt fastställa byggelementets placering i förhållande till varandra och till byggnaden.
- att stödja samarbetet mellan projektörer, tillverkare, distributörer och byggare.

Grundstenen i modulkoordineringen är den så kallade basmodulen, 1M = 100 millimeter. Basmodulen har sedan kompletterats med multimodulerna; 3M, 6M och 12M. Tanken är att byggnadsdelar och byggkomponenter ska inpassas i ett referenssystem baserat på basmodulen. Byggnadsdel, eller komponent, ges en sådan dimension så att de utan svårighet ska kunna passas in i referenssystemet (Holm, et al., 1987).

Den grundläggande principen för dimensionering av modulkomponenter är den så kallade lådprincipen, som beskrivs under rubriken 3.3.3 *Måttavvikelser*. Komponenten, med sina modulmått i alla tre riktningar samt de avvikelser som uppstår i samband med tillverkning, utsättning och montering, förutsätts sedan passa i lådan. Principen är särskilt viktig vid de dimensioner hos en komponent som ska samordnas med en mötande komponent. För betongelement gäller detta främst yttäckande elements mått, i ytans plan (Betongvaruindustrin, 2009).

Lådprincipen underlättar projekterings- och monteringsarbetet samtidigt som en ekonomisk fördelaktig variantbegränsning hos tillverkaren uppnås. En förutsättning för rationell montering är dock att komponenternas mått toleranssätts med avseende på lådprincipen, så att kollisioner mellan komponenter undviks. Utbytbarheten, kopplad till modulsamordning, är stor fördel för byggherren. Det gäller inte bara vid upphandlingsskedet, utan även vid efterföljande förvaltning och vid en eventuell ombyggnation (Holm, et al., 1987).

Värdet av en tidig måttkoordinering och beräkning av de toleranskrav, som ligger till grund för byggherrens funktionskrav, ligger inte bara i möjligheten att sätta toleranser för tillverkning, utsättning och montering. Beräkningen kan också avslöja orimligheter i funktionskraven eller orealistiska toleranskrav. Går det att genom åtgärder i byggets detaljutformning, framförallt genom justeringsanordningar, reducera antalet måttavvikelser som påverkar varandra skulle även en reduktion av resulterande byggplatsavvikelser kunna skönjas (Betongvaruindustrin, 2009).

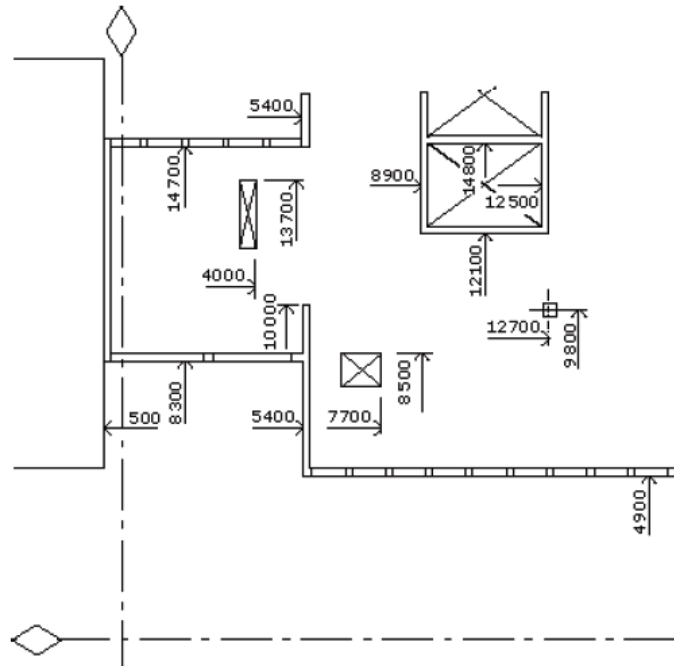
Samordningen medför att exempelvis balkar och väggelement bör ha längder som är multiplar av 12M, när bjälklaget har denna breddmodul. Placeras sedan trapphus, hisschakt och ytterväggar så att antalet passbitar begränsas så förenklas processen avsevärt. För att skilja byggnadsdelar som är vinklade i förhållande till varandra kan modulnätet enkelt brytas. Modulnätet är ett rutnät, bestående av huvudaxlar, utkravning och mellanaxlar, som används vid utplacering av pelare, väggar, balkar etcetera. Fasadelementen kan också varieras vid en konsekvent modulsamordning. Det är dock önskvärt att undvika lösningar där samtliga fasadelement är olika. Särskilt viktiga är fönsterplaceringarna. Placeras fönstren rytmiskt reduceras antalet elementvarianter och produktionskostnaderna kan sänkas avsevärt (Betongvaruindustrin, 2009).

3.3.8 Måttsättning

Hur ett mått anges har ett nära samband med toleranser. Konstruktören sätter ut utgångslinjer för måttsättning, det vill säga sekundärlinjer, på lämpliga platser i byggnaden. Lämpliga platser är i fria utrymmen samt nära komponenter med snäva toleranser. De ska sitta på ett maxavstånd på 25 meter. Lägestoleranser för sida och nivå relateras sedan till sekundärlinjerna samt en närbelägen sekundärpunkt i höjd. Sekundärlinjerna läggs ut med inbördes krav enligt SS-ISO 4463 (Betongvaruindustrin, 2009).

Ritningsmått för lägen anges med pilmått från den närmast belägna sekundärlinjen, vanligtvis den vänstra. För att få en komponents fullständiga läge används pilmått i två riktningar, efter en komplettering av nivåmåttättning. Storleken på komponenten anges med dimensionsmått. Denna måttsättning ger bland annat följande fördelar (Betongvaruindustrin, 2009):

- Pilmåtten och lägetoleranserna överensstämmer
- Ritningsmått kan direkt nyttjas för utsättning och kontrollmätning
- Dimensionsmått överensstämmer med toleranskrav för form



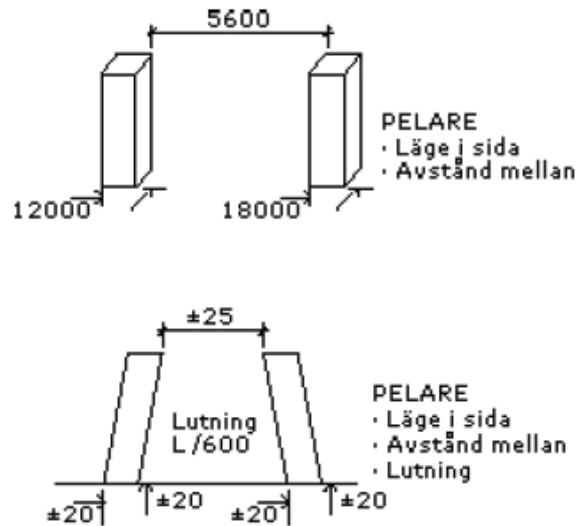
Figur 10. Exempel på längdmåttsättning med pilmått (Betongvaruindustrin, 2009).

Beträffande nivåmåtsättning så relateras den till en närbelägen sekundärpunkt i höjd. I flervåningshus innebär detta en fixpunkt på varje plan. Vid måtsättning av nivåer är det viktigt att kombinationer av pilmått och dimensionsmått tillämpas på motsvarande sätt vid varje våningsplan. Sekundärpunkten bestäms utifrån en primärpunkt i höjd, enligt noggrannhetskrav i SIS-TS 21146. En fönsteröppnings läge, exempelvis, är angiven med en nivå, med tillhörande tolerans. Även öppningen har i detta fall måttsatts, med dimensionsmått och toleranser, för att uppfylla fönstrets krav på inpassning och fog (Betongvaruindustrin, 2009).

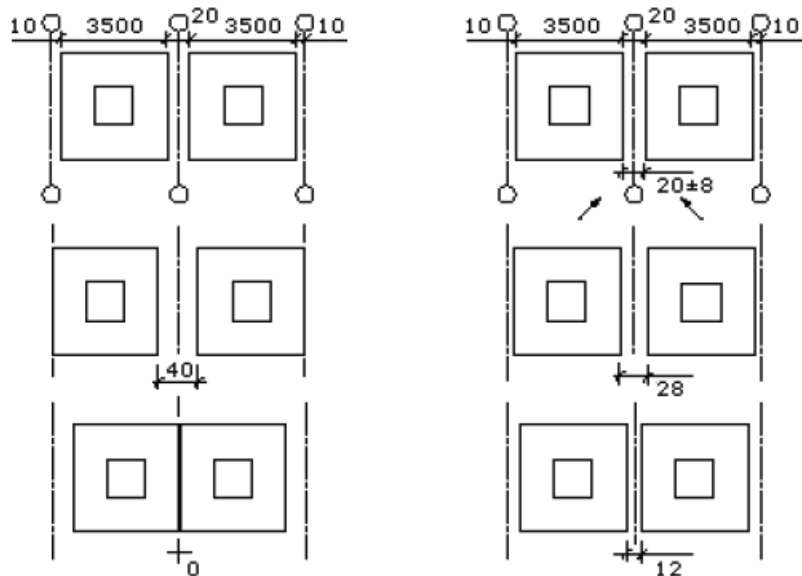
När flera krav påverkar samma mått uppstår överbestämning. Ett exempel illustreras i *Figur 11* där två pelare är lägesbestämda i sida med två mått från sekundär linjer. Toleranskravet är ± 20 millimeter. Samtidig är måttet mellan de båda pelarna bestämt. Här är toleranskravet ± 25 millimeter. Vid placeringen av pelarna måste alltså hänsyn tas till både avstånden från sekundär linjen samt det inbördes avståndet. *Figur 11* är även kompletterad med lutningstoleransen $L/600$, som alltså också måste innefattas med de övriga kraven. I *Figur 12* visas monterings toleranserna hos fasadelement. En

Teoretisk referensram

centrering av elementen, inom respektive modulutrymme, kan kräva överbestämning av fogmåtten genom särskild fogtolerans (Betongvaruindustrin, 2009).



Figur 11. Överbestämning pelare (Betongvaruindustrin, 2009).



Figur 12. Överbestämning fasadelement. Utan överbestämning och med överbestämning (Betongvaruindustrin, 2009).

3.3.9 Toleransberäkningar

Den generella formeln för toleransberäkningar har, enligt Betongvaruindustrin (2009) följande utseende:

$$T = \sqrt{a \cdot T_t^2 + b \cdot T_u^2 + c \cdot T_m^2}$$

Formel 3. Beräkning av byggplatstoleransen, där T_t = tillverkningstoleransen, T_u = utsättningstoleransen och T_m = monterings-toleransen. Observera att siffrorna alltså visar spannet som måttet får variera mellan (Betongvaruindustrin, 2009).

Koefficienterna a , b och c varierar från fall till fall. De är baserade på statistiska överväganden och på att måttavvikelser är normalfördelade. De finns angivna i SS-ISO 3443-4 samt SS-ISO 3443-5. Nedan följer ett enkelt exempel på en toleransberäkning, hämtat från Betongvaruindustrin häfte *Bygga med Prefab*. Koefficienterna a , b och c har satts till 1,0 (Betongvaruindustrin, 2009).

En pelarfot ska placeras centriskt över en modullinje. Centrumlinjen är markerad på pelaren och har toleransen $T = \pm 5$ millimeter. Modullinjen är i sig utsatt med toleransen ± 6 millimeter och montagen sker med toleransen ± 5 millimeter. Med koefficienterna satta till 1,0 blir den resulterande byggplatstoleransen 18,5 millimeter. Detta innebär att byggplatstoleransen för pelarfotens placering, med en symmetrisk tolerans, blir ± 9 millimeter (Betongvaruindustrin, 2009).

Med samma enkla formel går det att, baklänges, bestämma ingående deltoleranser, med en given byggplatstolerans. Skulle byggplatstoleransen skärpas till 10 millimeter, det vill säga, ± 5 millimeter, skulle ingående deltoleranser behövas skärpas till exempelvis 3 millimeter (Betongvaruindustrin, 2009).

3.3.10 Utsättning och montage

Vid utförande av utsättning och montage beaktas de byggplatstoleranser som angivits i handlingarna, som baserats på svensk standard. Standarderna gäller för byggplatstoleranser inom ± 20 millimeter till ± 30 millimeter. Utsättningstoleranserna bestäms utifrån lägen i plan och nivå samt efter överbestämningar. Utsättningsarbeten utförs idag med totalstationer, vilket gör att avståndet mellan objekt och instrument endast påverkas mycket marginellt. Ett lämpligt sätt att bestämma utsättningstoleransen görs med *Formel 4* (Betongvaruindustrin, 2009):

$$T_u = \sqrt{0,3 \cdot T^2}$$

Formel 4. Utsättningstolerans. Utsättningstoleransen T_u och byggplatstoleransen T anges i millimeter (Betongvaruindustrin, 2009).

Teoretisk referensram

Behöver utsättningstoleransen skärpas gentemot tillverknings- och monterings toleranser kan konstanten, 0,3, justeras till 0,2. Konstanten kan likväl ändras till 0,4 om utsättningstoleransen kan ökas. Vilken konstant som väljs beror på huruvida säkerheten på vissa viktiga mått behövs ökas, eller om något ökat utrymme kan accepteras. I *Diagram 1* åskådliggörs relationerna mellan utsättnings- och byggplatstoleranser för olika konstanter. Utsättningens påverkan på måttavvikelse visar sig vara cirka en tredjedel för normalfördelade avvikelser. Vid utsättning ska en bedömning om lämpligt mätsätt ske utifrån ställda toleranskrav, konstruktörens måttsättning och eget kunnande (Betongvaruindustrin, 2009).

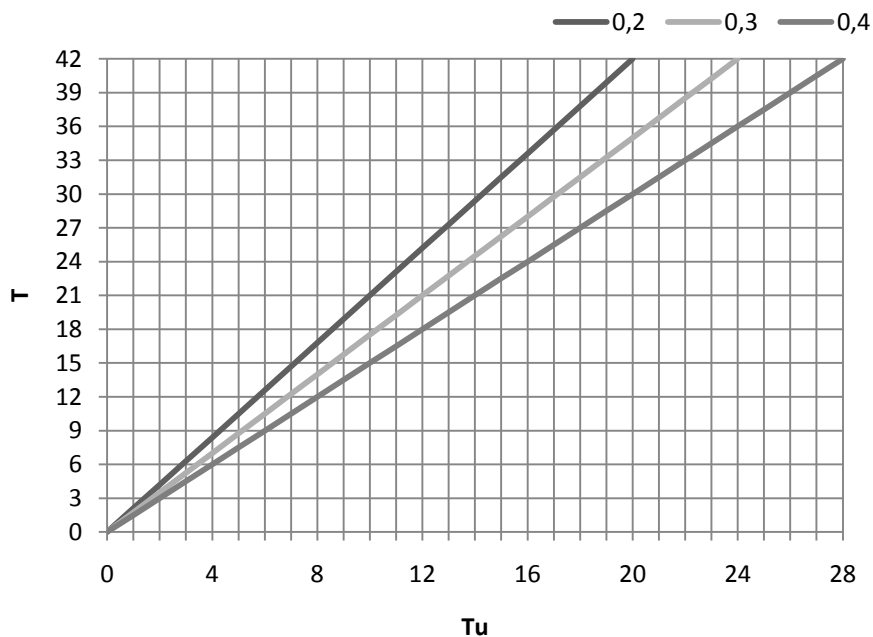


Diagram 1. Visar förhållandet mellan utsättningstoleranser och byggplatstoleranser vid olika konstanter (Betongvaruindustrin, 2009).

3.3.11 Dokumentation

Dokumentationen under byggprocessen görs främst för att möjliggöra uppföljning om vad som händer under byggskedet. Den består bland annat av kontinuerliga registreringar av utförda arbeten, revideringar, kvalitets- och måttkrav och som underlag för entreprenadens godkännande. Mycket av dokumentationen uppkommer vid kontrollen av att ritningar och utförda arbeten överensstämmer. När avvikelser eller revideringar uppmärksammas är det viktigt att dem dokumenteras. Av dokumentationen framgår sedan i vilken mån rätt material och rätt kvalitet på en produkt använts. Det framgår även huruvida den har placerats i rätt läge enligt föreskrivna krav och att den motsvarar förväntade fordringar. I en entreprenad kan, beroende på entreprenadformen, flera parter vara ansvariga för att kraven uppfylls.

Särskilt stort är behovet av dokumentation vid en delad entreprenad, vid tekniskt komplicerade entreprenader, vid markarbeten med omfattande ledningssystem samt vid omfattande installationer. Byggherren bör, i samråd med entreprenör, kontrollant och mätningssingenjör, ta ställning till i vilken omfattning dokumentationen ska göras i ett aktuellt projekt. Nedan följer en lista på varje aktörs intressen och uppgifter (Holm, et al., 1987):

- *Byggherren* är intresserad av att bevaka att utförandet sker enligt kontraktshandlingarna. Ofta har byggherren ett behov av att erhålla god dokumentation med hänsyn av framtida underhåll. Avsteg och revideringar ska dokumenteras, eftersom de senare kan bli föremål för ekonomiska uppgörelser.
- *Entreprenören* för dagbok där bland annat reviderade handlingar, kontroll och provningar, brister eller skador och uppmätningar dokumenteras. Entreprenören har även behov av att dokumentera under- och sidoentreprenörers arbeten samt de leveranser som sker. Det krävs vanligtvis även en kontrollmätning av komponenter och byggdelar, vilket gör att dokumentationen kan bli omfattande.
- *Entreprenören* och *byggherrens kontrollant* ser tillsammans till att föreskrivna besiktningar, kontroller och dokumentationer utförs. Fördelningen av ansvar för kontroll, mätning och dokumentation påverkas av entreprenadformen.
- *Mätningssingenjören* utför mätningsarbeten såsom utsättning, inmätning och kontrollmätning. Mätdata registreras och dokumenteras i en mätbok eller i ett dataprotokoll.

En betydelsefull del av dokumentationen är att upprätta ett kronologiskt flödesschema för kontroll och dokumentering. Det ska peka på de dokumentationsbehov som finns hos de olika parterna, såsom vem som är ansvarig, vem som utför dokumentationen, tidpunkten och rapporteringen. Här bör det även framgå vad som ska ingå i dokumentationen. Flödesschemat kan också kopplas samman med måttkontrollprogrammet, enligt BBK (Holm, et al., 1987).

För att kunna särskilja färdiga element från varandra talas det om elementets *littera*. Litterat är en kod som pekar på elementets tillverkningsritning. Finns det flera identiska element i ett projekt så innehar de samma littera (Ahlquist, pers. medd., 2010-03-24).

3.3.12 Måttkontroll på fabrik och byggplats

Kontroll av mått ska utföras med en mätnoggrannhet som motsvarar högst en femtedel av den tolerans som gäller för måttet ifråga. Om toleranskravet är ± 15 millimeter ska alltså mättoleransen vid kontroll vara ± 3 millimeter. Om toleranser vid kontrollen överskrids ska det dokumenteras och byggplatsledningen ska meddelas för att kunna ta ställning till erforderlig åtgärd (Betongvaruindustrin, 2009).

Enligt SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut (2010) är måttband i allmänhet tillverkade så att en korrekt mätning erhålls om de spänns med en viss kraft, oftast 50 Newton, och används i en viss temperatur, oftast 20 grader Celsius. I ett exempel utformat av SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut (2010) visas att ett tio meters måttband krymper respektive utvidgas med 0,6 millimeter om kraften i måttbandet minskar respektive ökar med 25 Newton. Likaså kommer måttbandets längd att minska respektive öka med 2,4 millimeter om temperaturen sjunker respektive ökar med 20 grader Celsius (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, 2010).

I elementfabrikens program för kvalitetssäkring ska bland annat egenkontrollens omfattning redovisas. Denna bestäms med hänsyn till produktens och tillverkningens svårighetsgrad. Syftet med egenkontrollen, som avser säkerhet, beständighet och funktionsduglighet, är att uppnå den beställda kvaliteten på tillverkade produkter. Ett certifieringsorgan utövar sedan en kontroll på att fabriken tillverknings bedrivs enligt godtagat kvalitetssäkringsprogram. Kontrollen delas in i en grundkontroll och en tilläggskontroll. Grundkontrollen omfattar generella kontrollåtgärder för samtliga produktslag, som tillverkas i fabriken. Omfattningen framgår av kvalitetssäkringsprogrammet och innefattar, vad det avser mått, minst en stickprovskontroll av att bestämmelsernas måttkrav, samt att angivna toleranser enligt Betongvaruindustrin (2009), innehålls. Denna kontroll utförs genom en egenkontroll samt en övervakande kontroll. Tilläggskontrollen anges i en speciell kontrollplan för varje enskilt byggnadsobjekt och omfattar de mått som är väsentliga för konstruktionens funktion, betongbeständighet, säkerhet och estetik (Betongvaruindustrin, 2009).

Med egenkontroll menas att personen som utför ett arbete även kontrollerar sitt utförda arbete.

Kontrollen på byggplatsen delas in i; mottagningskontroll av förtillverkade betongelement, utförandekontroll på samtliga arbeten i form av okulär besiktning samt delkontroll genom mätning. Standarder som används är SS 21141 och SS 21142. Mottagningskontrollen behandlar vanligtvis inte mått, utan innefattar istället märkning, transportsador, lyftdon, sprickbildning samt kontroll av följesedel. Vid utförandekontrollen synas alla montagearbeten. Krav kan vara normkrav eller objektbundna krav, som anges i bygghandling. I samband med avsyningen utförs, genom mätning, en stickprovskontroll (Betongvaruindustrin, 2009).

3.3.13 Toleransmedvetande

Kunskapen och förståelsen om den förändringsprocess som ständigt pågår i byggbranschen är begränsad. Inom byggutbildningarna behandlas toleranser inte i tillräckligt stor utsträckning. Ämnet saknas som eget ämne i byggutbildningarna. Det är istället invävt i andra byggämnen. Att omsätta, den relativt stora mängden, befintlig toleranskunskap till praktiskt byggande, lyckas vi helt enkelt inte med idag (Kämppe, 2008).

”Det enda som inte förändras är tyvärr föränderligheten” (Kämpe, 2008).

En förändring av produktutformningen och processgenomförande sker vid varje nytt projekt. Detta sker trots att samtliga inblandade har försäkrat att inte förändra något. Förändringens syfte är gott, och i regel förbättrande, men varje förändring innebär en processavvikelse. Ekonomin och produktiviteten påverkas, där även en liten processändring kan ge omfattande konsekvenser. Byggbranschen är idag dålig på att ta hänsyn till dessa konsekvenser (Kämpe, 2008).

Har andra industrier någon insikt i toleransproblemet, som byggindustrin inte fångat upp? Den fasta industrin, såsom Toyota och Scania, har exempelvis alltid förändringsförbud efter att produktionen har startat. Grundidén med det industriella byggandet är att i så stor grad som möjligt kopiera den fasta industrins syn- och arbetssätt. Byggindustrin har förvisso en mycket större variation av produkter, men nya processer, inspirerade av den fasta industrin, borde ändå kunna implementeras (Kämpe, 2008).

Vid utvecklingen av nya kompletta koncept för industriellt byggande har toleranser prioriterats. Det kan dock konstaterats att denna prioritering inte har varit tillräckligt. Toleranserna har blivit för snäva, ogenomförbara och dåligt samordnade. Detta har resulterat i nedläggning av en rad uppmärksammade projekt, av bland annat NCC och Openhouse. De största problemen har uppstått i mötena mellan betong och stål samt betong och glas. Anledningen till detta är att betongen ofta har svårt att nå den millimeterprecision som stål och glas kan nå. I Openhouseprojektet, till exempel, konstateras hur stora problem med toleranser kan uppstå i flera gränssnitt efter varandra. Husen grundlades på betongplintar, med bultgrupper monterade i fel läge. Den bärande stålstommen, som monterades på dessa plintar, blev sedan snett monterad. Vidare uppstod formatfel när färdiga volymer skulle placeras inne i stålstommen. Det kan konstateras att det främst är toleranser förenade med format, material samt utformning av mötespunkter som måste studeras grundligare (Kämpe, 2008).

Byggbranschen får indirekt sina uppdrag från samhället. Förändringar i samhället leder till nya faser och uppgifter för branschen. Skulle branschen lyckas sämre i ett förändringsskede tillsätts i regel alltid utredningar för att klarlägga orsakerna. I Sverige författades, år 2002, utredningen *”Skärpning gubbar”*. Liksom i liknande utredningar från England och USA undersöktes möjligheter till förbättringar och effektiviseringar för branschen. Men liksom i dessa utredningar tas toleransproblemet inte upp i den omfattning som det förtjänar (Kämpe, 2008).

Lunds Tekniska Högskola har, i samarbete med Betongvaruindustrin, Forum för industriellt byggande samt Abetong och Strängbetong, insett att kunskapen om toleransernas betydelse för byggprocessen måste förbättras. Tillsammans har de, under ledning av professor Anne Landin, startat upp ett projekt, med avsikt att belysa problematiken kring toleranser (Kämpe, 2008).

Som en del i detta projekt arbetar doktorand Monika Jingmond, vid Byggproduktion på Lunds Tekniska Högskola, med en avhandling som syftar till att finna strategier för att industrialisera byggprocessen. Detta ska realiseras genom att transformera mått och toleranskrav för att skapa innovativa lösningar som ska gynna ökad precision. I en förstudie till avhandlingen intervjuades representanter från respektive del av byggprocessen. Aktörerna som intervjuades var arkitekter, projektörer, projektledare, produktionschefer samt verkställande direktörer, från olika företag. Gemensamt för samtliga respondenter är att inte någon kan peka på varför toleransproblem uppstår, var grundorsakerna till dem uppkommer, eller hur de ska elimineras. Ett av problemen kan vara att dimensioneringen av toleranser oftast utgår från Hus AMA. Vid dimensioneringen av betong är det Betongvaruindustrins toleranser som oftast gäller. De flesta större företagen arbetar dock med sina egna toleranssystem. Det finns alltså tre olika system för byggföretagen att ta hänsyn till. Dessutom ansåg få av respondenterna att erfarenhetsåterföringen och avvikelshanteringen fungerade på ett tillfredställande sätt (Jingmond, 2009). Jingmond (2009) listar följande svar när respondenterna frågades om de vanligaste orsakerna till toleransproblem i branschen:

- Fel på ritningar
- Materialbeteenden som orsakar rörelser
- Bristande helhetstänkande i organisationen. Totalentreprenören har endast ett kortsiktigt vinstintresse och ser inte vinsten i att bygga hållbart
- Yrkesarbetare har bristande kunskaper inom byggnadsteknik.
- Arkitekter har bristande kunskaper inom produktion.
- Bristande kommunikation. Återkopplingar fungerar dåligt.
- Dålig avvikelshantering och erfarenhetsåterföring, eftersom det oftast handlar om engångsföreteelser.
- En invecklad, dyr och tidskrävande avvikelshantering. Det är lättare att justera småfelet på plats än att göra en avvikelserapportering.
- För snäv tidsplan.
- Utvecklingen av industriellt byggande går snabbare än att branschen kan hänga med.
- Den mänskliga faktorn.
- Slarv.

Vidare listar Jingmond (2009) följande förslag, från respondenterna, på förbättringar:

- Eliminera allt som har med "löses på plats" att göra
- Standardisera produkter
- Ge bättre återkoppling
- Göra toleransfrågan mer attraktiv
- Lägga in mer utbildning i skolan om toleranser

Det är inte ovanligt att byggföretagens egna toleranskrav är snävare än de som föreskrivs av normer och standarder. Toleranserna får dock inte vara för snäva. Det måste gå att utföra i praktiken också. Det konstateras också att färre olika typer av komponenter ger bättre och säkrare toleranser. Vidare fastslås att det måste finnas en förutbestämmdhet i processen. Aktörerna måste kunna se den färdiga produkten framför sig. Det är därför viktigt att ha ett helikopterperspektiv, det vill säga att kunna se enskilda delar som en helhet så att projektet kan drivas mot ett gemensamt mål. Det är byggherren som ska bistå med detta perspektiv. Ofta har denne dock inte erforderlig kompetens att göra det (Jingmond, 2009).

I en rapport, författat av Landin (2010), diskuteras toleranser utifrån en fallstudie av ett nytt konstruktionssystem, KBS. Systemet innefattar utvecklingen av ett nytt konstruktionselement, med en mycket låg vikt. Detta möjliggör en mycket lägre transport-, konstruktions- och monteringskostnad. Resultatet från fallstudien fungerar sedan som en plattform för diskussioner kring toleranser och utvecklingsmöjligheter för industrialiseringen av byggbranschen (Landin, 2010).

Studien pekar bland annat på problemet kring gränssnittet mellan olika byggmaterial. Betong-, stål-, trä- och glasarbetare arbetar alla utifrån olika toleransnivåer. Detta skapar inte sällan problem i övergången från ett material till ett annat. Arkitekten av en byggnad eller byggnadsdel känner ofta inte till detaljerna kring byggarbetsplatsen eller de tekniker som byggarbetarna använder sig av vid montage. På motsvarande sätt känner byggarbetarna inte alltid till hur arkitekten resonerat kring mätning och toleransnivåer. Resultatet av studien pekar på vikten av utvecklingen av nya system som inte nödvändigtvis kräver snävare toleranser (Landin, 2010). Det mest kostnadseffektiva sättet att lösa toleransproblemet är enligt Landin (2010) med ett byte av mättekniker samt att möjliggöra en bättre kontroll över infästningsanordningarna.

I ett examensarbete, skrivet 2009 vid Byggproduktion på Lunds Tekniska Högskola, diskuteras toleransmedvetandet inom byggbranschen. Syftet med studien var att analysera och visa att problemet med toleransfel är större än vad branschen i regel tror. Författaren genomförde bland annat en enkätundersökning, där han ställde frågor kring toleranser till drygt 100 olika personer, från fem stycken olika byggföretag. Respondenterna bestod huvudsakligen av snickare, men även av ingenjörer, murare, betongarbetare och maskinister. 17 stycken av de svarande var lärlingar. Nedan följer

en kort sammanställning på några av svaren erhållna av en enkätstudie (Persson, 2009):

- En av frågorna, som ställde i studien, rörde huruvida respondenterna överhuvudtaget hade kommit i kontakt med begreppet toleranser. På den frågan svarade 35 % *nej* eller *vet ej*.
- På frågan om huruvida toleranskraven upplevs orimligt höga svarade 61 % att de inte visste, 30 % *nej* och 9 % *ja*.
- En fråga belyste huruvida deras arbetsplats höll någon avvikelserapportering. 26 % svarade att de gjorde det, 22 % svarade att de inte hade någon och 52 % svarade att de inte visste.
- På frågan om det, på deras arbetsplats, utförs stickprovskontroller på nyanlända byggdelar svarade 3 % *ja*, 31 % *ja, ibland*, 25 % *nej* och 41 % att de inte visste. 66 % av de tillfrågade har alltså inte någon uppfattning om omfattningen av toleransfel när en byggdel anländer till byggarbetsplatsen.
- Ytterligare en fråga behandlade kontrollmätning, nämligen i vilken utsträckning respondenten kontrollmäter byggdelar innan montage och sammanfogning. 16 % svarade *ja, alltid*, 61 % svarade *ja, ibland* och 23 % svarade *nej*.

I studien genomförde författaren även fem stycken intervjuer med platschefer, från de byggen enkätundersökningen utfördes på. Av dessa fem platschefer var det tre stycken som använde sig av prefabricerade element, medan de övriga två använde sig av platsgjutning. Samtliga platschefer använde sig av någon form av avvikelserapportering vid eventuella toleransfel och alla var helt överens om att det är upp till platschefen att se till att toleranserna följs. De båda platscheferna som använde sig av en platsgjuten teknik menade att de inte hade några större bekymmer med toleranser. De övriga tre menade däremot att det alltid förekom fel. Felen kunde oftast knytas till konstruktions- eller ritningsmissar. På två av de besökta byggarbetsplatserna konstaterades det att prefabricerade väggelement inte passade. Vid en närmare undersökning visade det sig att väggelementen stämde med ritningarna, men ritningarna gick i sin tur inte att tillämpa med varandra (Persson, 2009).

På frågan om vem det är som styr och bestämmer över toleranserna svarade samtliga platschefer att det är leverantörerna som gör det (Persson, 2009).

De slutsatser som kan dras av studien är bland annat lärlingars okunskap om toleranser. De visade sig att inte någon av de tillfrågade lärlingarna överhuvudtaget visste vad toleranser var. Vidare konstateras att många toleransfel kan kopplas till en slarvig projektering, som exempelvis vid fallet, beskrivet ovan, med de prefabricerade väggelementen som inte passade. En annan slutsats som författaren drar är den allmänna bristen på erfarenhetsutbyte. Ett ökat erfarenhetsutbyte mellan olika yrkesgrupper ger en ökad medvetenhet om byggtoleranser och är viktig för att alla på

Teoretisk referensram

arbetsplatsen ska känna att de arbetar mot samma mål. Två av frågorna, medtagna ovan, berör bristen av kontroller och kontrollmätningar på byggarbetsplatsen. Ofta kontrollmäts inte byggdelar förrän de, vid montage, konstateras vara uppenbarligen fel. Skulle byggarbetarna kontinuerligt informeras om problem och kostnader, kopplade till toleransfel, skulle medvetandet om toleranser öka (Persson, 2009).

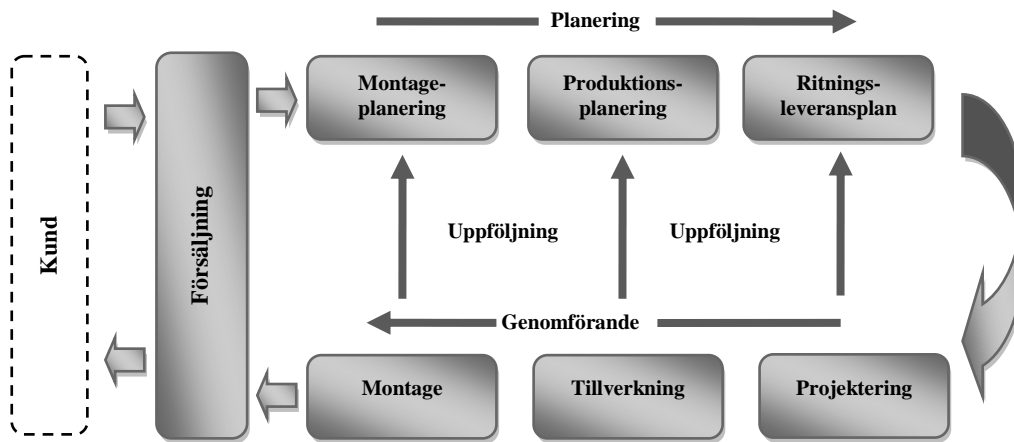
4 Empiri och resultat

4.1 Fallföretaget

Fallföretaget säljer, tillverkar och monterar industriellt producerade stomlösningar i betong och stål. Lösningarna inkluderar hus för hem och kontor samt hallar för industri-, logistik- och detaljhandels syften. Marknadsorganisationen är uppdelad i tre distrikt; Mellansverige, Väst/Syd och Göinge. Fallföretaget har en lång erfarenhet av produktion av prefabricerade betongelement i sina egna anläggningar. Idag har företaget två fabriker som producerar och levererar prefabricerade väggelement av betong. I en av tillverkningshallarna, vid den ena av de båda fabrikerna, har fallföretaget investerat i ny teknik. Här görs formutsättningen genom att laserstrålar från taket projiceras ned på stålbordet och formen kan sättas. Vid denna hall tillämpas *linjetillverkning*, det vill säga formarna förflyttas från station till station där arbete tillförs. Motsatsen till linjetillverkning kallas för *funktionell verkstad*, där formarna förblir på samma ställe. Fallföretaget har även en tredje fabrik där trappor tillverkas. Denna fabrik kommer dock inte besökas och kommer därför inte att tas upp i denna studie.

4.2 Kartläggning av värdekedja

En kartläggning av fallföretagets olika processer visar på ett schema enligt *Figur 13*. Fallföretagets värdekedja utgör fallföretagets del av hela byggprocessen, beskriven i avsnittet *3.1 Byggprocessen*. En kund kontakter fallföretaget med en beställning på ett stomsystem. *Försäljningsavdelningen* på fallföretaget arbetar tillsammans med kunden fram ett avtal och vidarebefordrar uppgifterna till *projekteringsavdelningen*. Här preciseras materialval, mått etcetera. Dessa uppgifter skickas sedan vidare till en fabrik som tillverkar elementen efter de uppgifter som projekterats fram. De färdiga elementen skickas sedan till byggarbetsplatsen där monteringen genomförs. Efter montage besiktigas produkten mot det avtal som arbetats fram under försäljningsskedet. Fallföretagets värdekedja är *pullorienterat*. Detta innebär, enligt Jonsson & Mattsson (2005), att produktion och materialförflyttning endast sker på initiativ av och auktoriserat av den förbrukande aktören i flödet.



Figur 13. Fallföretagets värdekedja

I kedjan, illustrerad i *Figur 13*, kommer begreppet *toleranser* in i var skede hos fallföretaget. Försäljningsavdelningen måste veta vilken standard de ska hänvisa till i sitt avtal. Vilken standard åberopar kunden i sin beställning? Projekteringsavdelningen måste i sin tur känna till vilka toleranser som är viktiga att precisera för att nå de, i avtalet, preciserade byggplatstoleranserna. På fabriken måste tillverkningstoleranserna hållas. I vilken utsträckning utförs här kontroller och avvikelshantering? I montage måste montörerna dels förhålla sig till utsättnings- och monterings toleranser, men även till den sammansatta byggplatsavvikelsen.

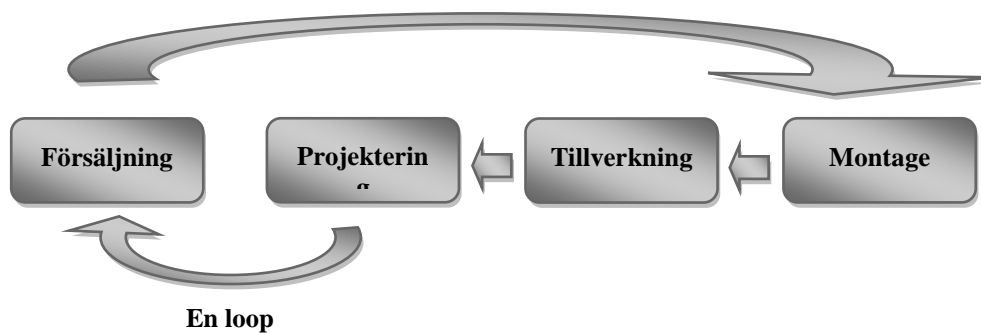
4.3 Intervjuupplägg

För att kunna följa toleransavvikelser bakåt i kedjan och för att kunna se vilka toleranser som är viktigast för ett gott slutresultat så har intervjuerna genomförts i en, gentemot värdekedjan, omvänd ordning. Inledningsvis så har dock försäljningsavdelningen på fallföretaget intervjuats. Se *Figur 14*. Anledningen till detta är för att kunna konkretisera hur toleranserna behandlas vid utformandet av ett avtal. Efter att intervjuer med försäljningsavdelningen har genomförts så har personer inblandade i monteringskedet intervjuats. Parallellt med dessa intervjuer så har observationer på byggarbetsplats genomförts. Det är i detta skede de flesta toleransavvikelserna har uppmärksammats och det är även här arbetet med kartläggningen av de viktigaste avvikelserna har inletts.

Efter intervjuerna med nyckelpersoner från monteringskedet så besöktes två av fallföretagets fabriker. Här har observationer och intervjuer, med bland annat kvalitetsansvariga, arbetsledare och betongarbetare, genomförts. Vid dessa besök så har de toleransavvikelser identifierade vid monteringskedet funnits med i

frågeställningarna. Efter tillverkningskedet så har projekteringsskedet analyserats och fallföretagets projektörer intervjuats. Målsättningen med dessa intervjuer har varit att undersöka huruvida det är möjligt att undvika toleransavvikelser redan i detta tidiga skede.

Efter att resultatet från intervjuerna och observationerna från de olika skedena har analyserats så har kompletterande intervjuer utförts. Återigen har här utvalda personer från de olika skedena i värdekedjan intervjuats. Vid detta skede gjordes även ytterligare ett besök, vid en av fallföretagets fabriker.



Figur 14. Intervjuupplägg.

Parallellt med intervjuer inom fallföretaget så har intervjuer genomförts med:

- En kund till Fallföretaget
- Svensk Byggtjänst
- Konkurrenter till fallföretaget

Intervjun med kunden syftar till att belysa deras syn på fallföretagets hantering av toleranser. Svensk Byggtjänst kontaktades för att reda ut en observerad avvikelse i AMA Hus 08. Vid ett tillfälle överensstämde inte den tryckta versionen med en elektronisk version. Här har även frågor kring arbetet med framtagandet av toleranser diskuteras. Slutligen så har även personal från två stycken, till fallföretaget, konkurrerande företag intervjuats. Dessa intervjuer har genomförts för att ge ett bredare perspektiv på hur toleranser hanteras i branschen.

4.4 Frågeställningar och resultat

Frågeställningar och studerade observeringsobjekt presenteras under rubrikerna nedan. Totalt sett så har 22 personer intervjuats i studien.

4.4.1 Försäljningsavdelningen

Till försäljningsavdelningen på fallföretaget så har främst frågor kring avtal med kund behandlats. Inom begreppet försäljningsavdelningen faller förutom projektsäljare även marknadschef och projektledare. De frågor som ställts är:

- Vad hänvisar kunden till i avtal, beträffande toleranser för betongelement?
- Vad hänvisar försäljningsavdelningen till i anbud, beträffande toleranser för betongelement och hur behandlas de olika klasserna för toleranserna?
- Uppstår problem gällande avtalade toleranser? I så fall var och när?
- Hur ser fallföretagets avvikelssystem ut och hur väl fungerar det?
- Hur ser uppföljningen ut efter ett projekt?

I detta skede har en marknadschef, en projektledare samt två projektsäljare, benämnda *Projektsäljare 1* och *Projektsäljare 2*, intervjuats.

På frågan om vad kunden i regel hänvisar till i avtal, beträffande toleranser, svarar samtliga intervjuade Hus AMA. Här specificeras alltså sällan om det är den nya eller den äldre versionen av Hus AMA. Endast i särskilda fall vill kunden ha skärpta toleranskrav. Dessa anges i sådana fall i den tekniska beskrivningen. Försäljningsavdelningen på fallföretaget hänvisar, enligt projektledarna och projektsäljaren, per automatik, till Bygga med Prefabs toleranshäfte 31B. Det hör till ovanligheten att kunder specificerar vilken toleransklass de önskar. Om inte toleransklass anges så gäller den vidaste toleransklassen. Marknadschefen påpekar att fallföretaget för tillfället arbetar med att ta fram en ny anbudsmall. I denna skall bland annat den äldre versionen av 31B vara uppdaterad till den nya. Ett par förtydliganden har dessutom gjorts. Exempelvis så gäller klass A för tillverknings toleranserna för väggar.

När det gäller problem med kunder, som kan härröras till toleransproblematiken, beror det, enligt marknadschefen, oftast på kundens förväntningar. Kunden förväntar sig ofta en högre kvalitet än vad de avtalat om. Principen är att fallföretaget åtgärdar felen, trots att de ligger inom avtalade toleranser. Det förekommer dock fall då fallföretaget går tillbaka i avtalen för att påvisa att toleranskraven faktiskt är uppfyllda.

Projektsäljare 1 bekräftar att element, som trots att de ligger inom givna toleranser, ändå genomgår efterarbete. Att ha en god kundrelation är mycket viktig. Vidare resonerar Projektsäljare 1 kring att montage ibland får åtgärda fel som har sitt ursprung tidigare i värdekedjan. Detta leder till en kostnad som oftast blir högre än om felet hade åtgärdats, eller förebyggts, i ett tidigare skede. Särskilt dyrt kan det bli om fallföretaget endast har avtalat om *fritt på bil, arbetsplats*, det vill säga endast leverans av betongelement. I dessa fall riskerar fallföretaget att få stå för stora kostnader när felen måste åtgärdas ute på plats av ett annat entreprenadföretag. Projektsäljaren, som personligen satt med i den grupp som arbetade fram Bygga med

Prefabs toleranshäfte 31B, under det senare skedet av 1990-talet, menar att 31B arbetats fram med Hus AMA 83 som grund. Projektsäljare 1 diskuterar vidare kring vem det är som bestämmer toleranserna:

”Det som begränsar och bestämmer toleranserna är ofta den praktiska erfarenheten och den tekniska utrustningen.”

(Projektsäljare 1, 2010)

Projektsäljare 2 belyser även problematiken kring att om flera olika fabriker levererar element till ett och samma projekt. Eftersom alla fabriker har egna tillverkningsmetoder och även hanterar toleranserna på olika sätt, så riskerar ytterväggselement från två olika fabriker inte att passa ihop på ett optimalt sätt.

Beträffande avvikelssystemet så beskriver Projektsäljare 2 hur det fungerar. Avvikelseerna dokumenteras i fallföretagets avvikelssystem. Här rapporteras de, för att sedan följas upp och för att slutligen avslutas. En avvikelse genomgår, efter att den, av en *registrerare*, har rapporterats och en direkt åtgärd har registrerats, fyra skeden. I steg ett så läser *problemägaren*, det vill säga personen som är ansvarig, avvikelsen. I steg två så gör problemägaren en orsaksutredning och i steg tre så beskriver problemägaren en korrigerande åtgärd. I det sista steget så värderar en projektledare huruvida ärendet kan avslutas. Är projektledaren tillfreds med orsaksutredningen och den korrigerande åtgärden så avslutas ärendet. I annat fall så skickas den tillbaka till problemägaren. Efter att avvikelsen har avslutats så beslutar projektledaren om ärendet ska gå vidare till ett forum för förbättringsarbete.

I dagsläget används fallföretagets avvikelssystem, enligt den intervjuade projektledaren, i regel i efterhand. Så fort en avvikelse identifieras kontaktas problemägaren istället per telefon. Avvikelseerna samlas *”på hög”* för att senare, vid ett lämpligt tillfälle, gemensamt föras in. Denna lösning är, enligt projektledaren och en av projektsäljarna, den mest tidseffektiva.

Projektledaren berättar att uppföljningsmöten hålls vid större projekt. Vid dessa möten diskuteras och utvärderas hela projektet, av de ingående aktörerna. Marknadschefen menar att det alltid hålls ett slutmöte efter ett projekt. Tidigare hölls kontinuerliga projektmöten, men på grund av dålig uppslutning avskaffades dessa.

4.4.2 Montageskedet

I montageskedet så har intervjuerna varit inriktade mot vilka toleransavvikelser som är vanligast respektive mest kostsamma att åtgärda. Här har även kommunikationen med tillverkningskedet varit en central frågeställning. Observationer på

byggarbetsplats har utförts för att försöka identifiera toleransavvikelser. De frågor som har ställts vid intervjuerna är:

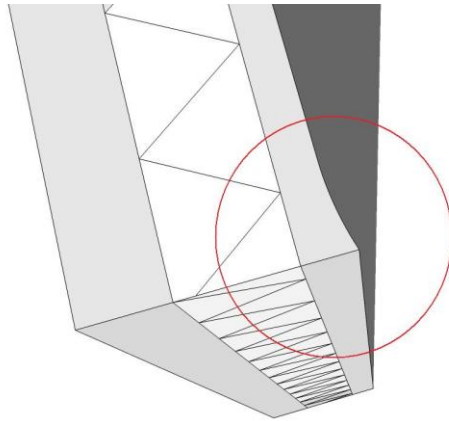
- Hur är den allmänna uppfattningen om kvaliteten på element levererade från fallföretagets egen fabrik.
- Ge exempel på återkommande tillverkningsavvikelser!
- Vilka toleransavvikelser leder till mest extraarbete?
- Utförs kontroller på levererade element?
- Hur hanteras byggplatstoleranserna avtalsmässigt?
- Finns det toleranser som anses vara för snäva eller för vida?
- Vad är er uppfattning om fallföretagets avvikelse-system?
- Vilken information, av fabriken, skulle ni vilja ta del av som ni inte får idag?
- Hur ser uppföljningen ut efter ett projekt?

I detta skede har två montagechefer, benämnda *Montagechef 1* och *Montagechef 2*, en montageledare samt två montörer intervjuats. Det samlade intrycket är att ytterväggselementen håller en relativt hög standard, med avseende på toleranser. Problem uppstår dock om flera, på rad, monterade element har avvikelser, inom gällande toleranser, men åt samma håll. När flera avvikelser samverkar på detta sätt uppstår problem.

På frågan om det förekommer återkommande tillverkningsavvikelser svarar montagecheferna att det överlag ser bra ut. De avvikelser som förekommer är de rena måttavvikelserna, alltså längd-, höjd- och diagonalmåtten. Se *Bilaga 7*. Montagechef 1 och montageledaren framhåller att det främst är diagonalmåtten som föranleder problem. Problemet med bristande precision på diagonalmåtten rör främst elementen producerade i Fabrik 1. Montagechef 2 pekar istället på att det främst är längd- och höjdvavvikelserna som orsakar problem. Montagechefen ser inte heller någon direkt skillnad i längdavvikelser mellan element från de båda fabrikerna.

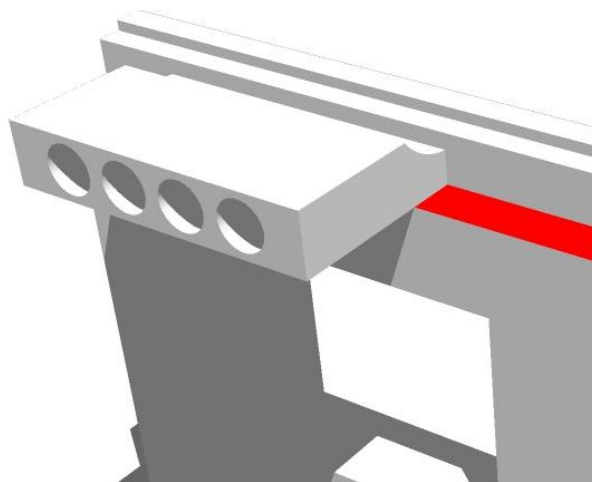
När frågan om återkommande tillverkningsavvikelser ställdes till de båda montörerna vittnade de om följande fyra problem:

- Element som ska ha en fasning i ändarna, för att möjliggöra fogning, saknar fas.
- *Fästplåtarna*, det vill säga de i elementen ingjutna plåtarna som *kopplingsplåtarna* fästs på för att hålla ihop två element, ofta är fel i höjddled.
- Ofta uppstår problem i ändarna av elementen. När elementen gjuts så görs avjämnningen så att en viss utbuktning uppstår vid änden. Se *Figur 15*. Detta måste i efterhand slipas ned.
- *Dubbhålen*, det vill säga hålen i underkant på elementen där de uppstickande armeringsjärnen, från underliggande element, ska hålla elementet på plats är ofta igensatta med betong eller cellplast.



Figur 15. Utbuktning på element, som uppstår vid avjämnningen efter gjutning.

På frågan om vilka toleransavvikelser som leder till mest extraarbete så svarade Montagechef 1 *plussmått*, det vill säga att elementen levereras för långa eller för höga. Levereras ett element som är för kort går det oftast att dölja måttavvikelsen i fogen. Den intervjuade montageledaren pekar på ett problem med upprepande buktighet samt raketeten på det plan, i väggens överkant, där håldäcken läggs upp. Se *Figur 16*. Är denna yta sned så kommer det direkt att påverka takets insida. Montageledaren pekar även på de felaktigt placerade fästplåtarna. Dessa avvikelser kan ta upp emot en halv dag att åtgärda.



Figur 16. Upplagsförhållande mellan väggelement och håldäck.

Inga kontroller utförs, enligt montagecheferna, på nyanlända element. Det är inte förrän fel uppstår som elementen kontrollmätts.

Beträffande avtalet så används, enligt Montagechef 1, fortfarande *Bygga med Prefabs* toleranshäfte 31B. Det är helt enkelt inte någon som har ifrågasatt användandet av 31B. I de fall som kunden inte är nöjd med sin produkt så får man, enligt Montagechef 2, gå tillbaka i avtalet. Det visar sig i de flesta fallen, trots uppenbara estetiska brister, att toleranskraven är uppfyllda.

De båda montagecheferna har svårt att svara på huruvida det finns toleranser som är onödigt snäva eller vida. Det händer dock att kunniga beställare ställer strängare krav på vissa deltoleranser än vad avtalad standard pekar på. Det ökade precisionsarbetet leder till extrakostnader för både bygg- och kranarbete.

På frågan om hur väl avvikelssystemet fungerar så pekar Montagechef 1 på brister i systemet då en viss avvikelse, exempelvis toleransavvikelse, ska avskiljas från övriga avvikelser. Montagechef 2 menar att det finns en förbättringspotential hos fallföretaget att dokumentera även de mindre avvikelserna. Problemet är inte själva avvikelssystemet, utan att det används felaktigt. Återkopplingen efter att en avvikelse har registrerats behöver bli bättre. Återkommande problem skulle då enklare kunna fångas upp. Montageledaren fortsätter i ett resonemang likt det Kämpe (2008) för i avsnitt 3.3.13 *Toleransmedvetande*;

”Varför ska en felaktigt placerad fästplåt dokumenteras i ett avvikelssystem, om detta fel upprepats i flera år och inget har förändrats?” (Montageledare, 2010)

Beträffande informationsutbytet mellan de olika skedena i värdekedjan så efterlyser Montagechef 1 en bättre dialog mellan montage och fabrik. Avvikelser, även de som ligger inom gällande toleranskrav, borde kunna anmälas före ankomst för att underlätta för montage. Skulle montagechefen känna till att ett element, med mått som ligger på gränsen till vad gällande standard tillåter, är på ingång, så kan förberedelser göras vid montage av angränsande element. Beträffande de igensatta dubbhålen som de båda montörerna vittnade om, så menar Montagechef 1 att detta med största sannolikhet beror på tidsbrist hos fabriken. Skulle sådan information nå montagechefen i förväg så skulle onödig problemsökning vid montageskedet kunna reduceras. Det är inte ovanligt att dyrbar tid ödslas på just problemsökning när det uppstår en avvikelse. Montagechef 2 skulle också gärna se att informationen om de verkliga måtten av ett element förekommer själva elementet. Denna information skulle även vara användbar för montagechefen om ett fel skulle uppdagas i ett senare skede.

På frågan om hur uppföljningen ser ut efter ett projekt så framhåller Montagechef 2 en möjlighet till förbättring. Detaljerna förbises ofta vid ett slutmöte. Det som tas upp är vad som är åtgärdat, hur lång tid det tog och vad det kostade. Uppkomsten till avvikelserna förblir ofta outredda och riskerar därmed att upprepas.

4.4.3 Tillverkningsskedet

I tillverkningsskedet så har tonvikten främst legat på toleransuppfattning, kontroller samt kommunikation med övriga aktörer i processen. Intervjuer och observationer har genomförts på fallföretagets båda fabriker. De frågor som har ställts är följande:

- Vilka mått kontrolleras, och när kontrolleras dem i produktionslinjen?
- Finns det toleranser som är extra svåra att hålla och vilka toleransavvikelser är de vanligast förekommande vid kontroll?
- Vad händer med element som inte klarar sina respektive toleranskrav och händer det att element levereras trots kännedom om avvikelser?
- Vilken information, av projekteringsledet, skulle ni vilja ta del av som ni inte får idag?
- Finns det toleranser som anses vara för snäva eller för vida?
- Vad skulle det kosta att utöka kontrollerna?
- Vilken information skickar ni vidare till montage?
- Vad är er uppfattning om fallföretagets avvikelssystem?
- Hur ser uppföljningen ut efter ett projekt?

Intervjuerna har genomförts på fallföretagets båda fabriker av prefabricerade väggelement av betong. Fabriken, som är lokaliserad närmast studiens huvudsäte, och som inte använder sig av laserteknik vid formsättningen, kommer att benämnas som *Fabrik 1*. Den andra fabriken, *Fabrik 2*, har en större kapacitet och använder sig alltså, i en av sina fabrikshallar, av laserteknik vid formsättningen. Fabrik 1 har besökts vid två tillfällen och Fabrik 2 vid ett tillfälle. Två kvalitetsansvariga, två arbetsledare, en före detta arbetsledare samt en betongarbetare, med en kvalitetssäkrande befattning, har i detta skede intervjuats.

Beträffande kontroller så skiljer sig åsikterna hos de intervjuade åt. Vissa anser att någon form av måttkontrollant eller kvalitetssäkrare är nödvändig för att säkerställa kvaliteten på elementen. Andra är av den bestämda övertygelsen att egenkontroller är den bästa vägen för att nå en hög kvalitet. De båda fabrikernas tillvägagångssätt för att utföra kontroller skiljer sig från varandra.

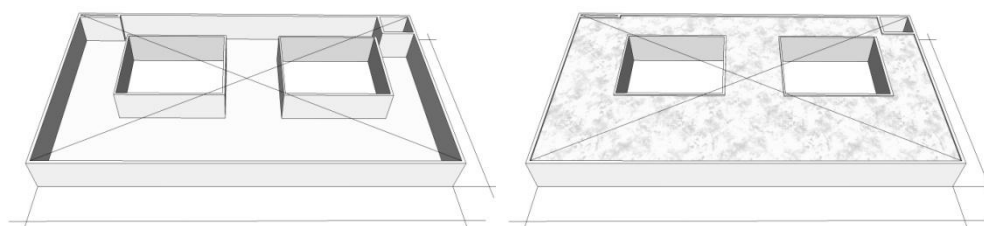
Vid Fabrik 1 tillämpas, enligt den kvalitetsansvarige vid fabriken, inledningsvis egenkontroller. Snickare sätter formarna efter ritningar, armerarna armerar efter ritning och betongarbetare gjuter efter ritning. Snickarna kontrollerar, vid formsättningen, själv längd-, bredd- samt diagonalmått med måttband, eller med laser. Dessa mått dokumenteras inte och kontrolleras sedan inte förrän elementet är helt färdigt. Vid detta skede kontrolleras måtten på elementet av en betongarbetare.

Med formsättningen menas först och främst att huvudgeometrin, en rektangel, formsätts. Efter detta så placeras trälådor ut i formen för att ge plats för fönster, dörrar och ursparingar. Betongarbetaren kontrollmäter elementet med hjälp av ett måttband. Kontrollen dokumenteras i en så kallad *produktbeskrivning*. I dokumentet ska, för varje element, följande fyllas i:

- Uppmätta längder, höjder och diagonalmått.
- Att ytorna är enligt ritning.
- Huruvida elinstallationer, dubbhål, fästplåtar etcetera är korrekt placerade.

Produktbeskrivningen kan även innehålla en tilläggsruta om elementet exempelvis innehåller spirorör och specialplåtar. Spirorör är rör där stomstabiliserande spännstag ska monteras. Dessa, eftermonterade, stag spänner ihop flera vertikalt placerade element för att byggnaden ska kunna stå emot horisontalkrafter. En produktbeskrivning finns exemplifierad i *Bilaga 5*.

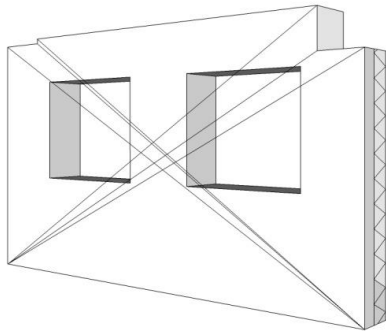
Vid Fabrik 2 är tillvägagångssättet annorlunda. Här genomförs och dokumenteras egenkontroller av de som utför de olika arbetsmomenten. Kontrollerna utförs löpande längs hela produktionslinan. De elementmått som kontrolleras är längderna, höjderna samt diagonalmått. Se *Figur 17*. Dessa kontroller utförs och dokumenteras dels vid formsättningen men även vid avformningen, det vill säga just innan kantformen avlägsnas. Måtten kontrolleras både med laser och med måttband. Dessa mått dokumenteras, tillsammans med kontroller av armering, isolering, gjutning, ytor etcetera, i en så kallad *tillverkningskontroll*. Till tillverkningskontrollen finns en detaljerad *arbetsbeskrivning*, som beskriver utförandet av de olika kontrollerna som ska dokumenteras i tillverkningskontrollen. En tillverkningskontroll finns exemplifierad i *Bilaga 6*. Till skillnad från Fabrik 1 så genomförs det vid Fabrik 2 inte någon måttkontroll när elementet är helt färdigt.



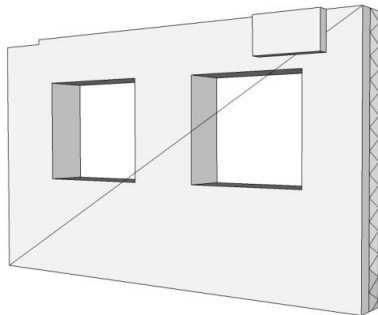
Figur 17. Kontrollerade mått vid formsättning och vid avformning. Observera att diagonalmått dras från kantformens hörn, alltså igenom ursparingarna.

Observationer på de båda fabrikerna har visat en brist i kontrollerna av diagonalmått, på elementen. Vid Fabrik 1 kontrolleras diagonalmått vid

formsättningen, men de kontrolleras mycket sällan när betongarbetaren slutligen ska kontrollmäta elementet. Anledningen till detta är att elementet mycket sällan har en helt symmetrisk utformning. I de flesta fall har elementen ursparingar i hörnen och eftersom kantformen redan är borttagen vid kontrollen så vet inte betongarbetaren från vilka punkter diagonalmått ska mätas. Se *Figur 18*. Det är inte heller ovanligt att elementen har utskjutande klackar som omöjliggör en tillförlitlig kontrollmätning av elementet. Se *Figur 19*. Vid det första besöket på Fabrik 1 studerades en pärm innehållande produktbeskrivningar till redan levererade element. Inte i någon av produktbeskrivningarna i pärmerna hade diagonalmått fyllts i.



Figur 18. Problematiken kring var diagonalmått ska mätas ifrån.



Figur 19. Problematiken kring hur kontrollmätningar ska genomföras om elementet har en utskjutande klack.

Vid det andra besöket på Fabrik 1 observerades kontrollmätningar av tre stycken färdiga element. Elementens mått, de mått som kontrollerades samt tiden som åtgick

Empiri och resultat

att utföra kontrollen presenteras i *Tabell 1*. Kontrollen av diagonalmått utfördes av två personer. De övriga kontrollerna, det vill säga bredd, höjd och ingjutningsgods, utfördes av en person. Den största uppmätta avvikelsen på längd- och höjdmått uppmättes till tre millimeter. Den största uppmätta differensen på diagonalmått uppmättes till sex millimeter. Samtliga mått på ingjutningsgods låg inom vad toleranserna tillät.

	Element 1	Element 2	Element 3
Elementmått (millimeter)	3534×4745	2493×4595	3876×4000
Kontroll av bredd	Ja	Ja	Ja
Kontroll av höjd	Ja	Ja	Ja
Kontroll av diagonal	Nej	Nej	Ja
Kontroll av ingjutningsgods	Ja	Ja	Nej
Åtgångstid (minuter)	11	9	4

Tabell 1. Elementmått, utförda kontroller och åtgångstid för tre stycken utförda elementkontroller vid Fabrik 1. Kontrollerade ingjutningsgods var för Element 1; dubbhål och eldosor och för Element 2; dubbhål och fästplåtar.

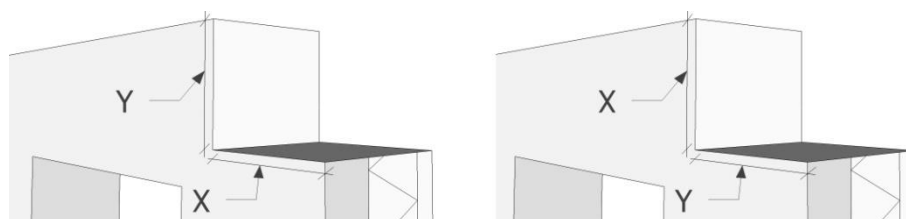
Vid Fabrik 2 dokumenteras i regel alltid måtten vid formsättningen. Dock är dokumentationen från avformningen mer bristfällig. Kontrollen måste i dagsläget ske innan kantformen har avlägsnats för att diagonalmått ska kunna kontrolleras. Efter att formen är avlägsnad och kontrollerna ska vara genomförda förs elementet vidare i produktionslinan till där den ska slipas. Taktiden för elementen, det vill säga tiden som varje element vistas på varje station, är cirka 45 minuter. Slipningen, efter avformningen, genomförs på cirka 15 minuter.

På frågan om vilka toleransavvikelser som är vanligast förekommande så varierar svaren något beroende på vilken fabrik som studeras. Vid Fabrik 1 framhåller arbetsledaren att ingjutningsgods och diagonalmått utgör det största problemet. Problemen med ingjutningsgods har ofta sitt ursprung i när betongen fylls på i formen och när den sedan vibreras/fördelas i formen. Ingjutningsgods kan då, om de inte säkrats på ett tillfredställande sätt, förskjutas. Vid Fabrik 2 bekräftar arbetsledaren och den före detta arbetsledaren problemet med ingjutningsgods och diagonalmått. Den kvalitetsansvarige och den före detta arbetsledaren vid Fabrik 2 framhåller även

att elementtjockleken kan utgöra ett problem. Detta beror, enligt den kvalitetsansvarige, främst på följande tre anledningar:

- Är konsistensen på betongen lite för lös så riskerar betongen att röra på sig när bordet flyttas runt mellan de olika stationerna.
- Slarv när ytan färdigställs.
- Lagras ett element för länge riskerar den att bli krokig. Monteras ett sådant element ovanpå ett rakt element så kommer tjockleken att upplevas som felaktig

Den kvalitetsansvarige vid Fabrik 2 framhåller även ett problem med ursparingar. De lådor, för ursparingar, som monteras i formen kan, på grund av den mänskliga faktorn eller på grund av otydliga ritningar, hamna på fel ledd. Se *Figur 20*. Buktigheten på betongelementen utgör också ett problem. Dessa avvikelser ligger dock långt innanför de, av Betongvaruindustrin, föreskrivna toleranskraven. Att buktigheten utgör ett problem beror enligt den före detta arbetsledaren på att även väldigt små avvikelser kan resultera i tydliga färgvariationer i ett väggelement.



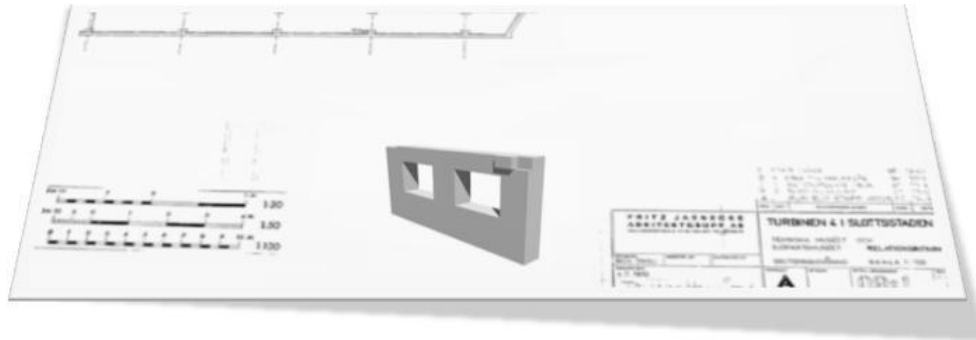
Figur 20. Resultat av en felaktigt placerad låda vid formsättningen.

På frågan om huruvida det förekommer att felaktiga väggelement levereras trots fabriken kännedom om felet ger samtliga intervjuade i princip samma svar. Skulle det uppdagas att ett element färdigt för leverans innehåller måttavvikelse utanför toleranserna så ska följande scenario gälla:

1. Avvikelsen åtgärdas.
2. Om åtgärden av olika skäl inte är genomförbar, eller ekonomiskt försvarbar, ska kontakt tas med projektledaren, alternativt montagechefen, för samråd om huruvida elementet kan levereras trots sin avvikelse.
3. Elementet kasseras.

Beträffande information som tillverkningskedet vill ha, men inte får, av projekteringskedet så efterlyser den kvalitetsansvariga vid Fabrik 1 diagonalmåttan samt mätpunkter på ritningen var diagonalmåttan ska mätas ifrån om ursparingar förekommer. Skulle diagonalmåttan, med utsatta mätpunkter, finnas med på ritningen

skulle kontrollen av färdiga element kunna göras efter att kantformen har avlägsnats. Arbetsledaren vid Fabrik 1 är av samma övertygelse och skulle även gärna se att det med ritningen följde en 3D-skiss över elementet. Se *Figur 21*. Vid Fabrik 2 instämmer man om att diagonalmått med mätpunkter skulle underlätta kontrollarbetet.



Figur 21. Ritning med en 3D-skiss.

På frågan om det förekommer toleranser som upplevs för snäva eller för vida så svarar de intervjuade vid Fabrik 1 att det inte är upplevelsen. Den kvalitetsansvarige och den före detta arbetsledaren vid Fabrik 2 instämmer i detta påstående, men påpekar även att Betongvaruindustrins toleranser för buktighet är för vida.

Vidare diskuterades möjligheterna att utöka kontrollerna och vad det skulle kunna kosta. Arbetsledaren vid Fabrik 1 ser gärna en heltidstjänst med följande tre arbetsuppgifter:

- Kvalitetssäkring
- Efterkontroller
- Utbildande funktion

Arbetsledaren menar att en sådan person måste ha en god kunskap om själva produktionen. Denne måste vara medveten om betydelsen och innebörden av de olika arbetsmomenten. Den kvalitetsansvarige och den före detta arbetsledaren vid Fabrik 2 beskriver samma behov, om en tjänst med en kvalitetssäkrande och en utbildande funktion. Arbetsledaren vid Fabrik 2 beskriver att efterkontroller skulle kunna genomföras på bordet efter avformningen, där slipningen genomförs. Här ligger elementet ner i cirka 30 minuter, utan att arbete tillförs elementet.

På frågan om vilken information som vidarebefordras till byggarbetsplatsen så svarar den kvalitetsansvarige vid Fabrik 1 att respektive littera följer med på en klisterlapp på elementen. Utöver detta vidarebefordras inte någon information om det tillverkade

elementet till montageskedet. Vid Fabrik 2 skickas, förutom elementets littera, även ett dokument som bekräftar att elementet inte är skadat när det är lastat på lastbil, på fabriken. Syftet med detta dokument, som signeras av chauffören, är att skydda sig från eventuella transport- och hanteringskador. Beträffande möjligheten att vidarebefordra informationen i produktbeskrivningen, respektive tillverkningskontrollen, till montagechefen så är de båda kvalitetsansvariga relativt positiva. Det skulle medföra en del extraarbete, med inskanning av dokument samt e-postande. Är detta något som efterfrågas så är det inte någon omöjlighet.

Samtliga intervjuade på de båda fabrikerna är eniga i sina åsikter om fallföretagets avvikelsesystem. Systemet används mycket, men informationen utnyttjas inte i samma utsträckning. Den kvalitetsansvarige vid Fabrik 2 menar att systemet främst syftar till att följa upp vad projektets avvikelser har kostat i sin helhet. Systemet fungerar sämre på vad det gäller att lära sig av feLEN. Den kvalitetsansvarige ser gärna att systemet har en bättre uppställning av de parametrar som fylls i. Då skulle feLEN enklare kunna kategoriseras och återkopplingar till de vanligast förekommande feLEN skulle enkelt kunna utföras. Vid Fabrik 2 har nyligen ett internt, excelbaserat, avvikelsesystem implementerats. Vid framtagandet av detta system har dessa synpunkter beaktats. Fabrik 1 använder för tillfället inte något internt avvikelsesystem. Arbetsledaren vid Fabrik 2 påpekar även att avvikelser ofta kommer in i avvikelsesystemet ”klumpvis” och ofta en tid efter att de faktiskt har uppstått. Det skulle vara enklare att följa upp avvikelsen om de kommer in när de faktiskt uppstår.

På frågan om uppföljning efter ett projekt är de kvalitetsansvariga på de båda fabrikerna överens om en stor förbättringspotential. Slutmöten hålls alltför sällan och när de väl hålls så har ofta nya projekt redan dragits igång. Den kvalitetsansvarige vid Fabrik 2 efterlyser tidiga startmöten där avvikelser från tidigare projekt noggrant analyseras och diskuteras. Den kvalitetsansvarige vid Fabrik 1 ser även gärna att ett så kallat *mittmöte* hålls. Fabriken skulle vid ett sådant möte få en inblick hur projektet framskrider samt om det finns måttavvikelser som är extra viktiga att hålla reda på.

Empiri och resultat

En sammanfattning av resultatet av intervjuerna vid fabrikerna ser ut som följer:

Fråga	Fabrik 1	Fabrik 2
Vad kontrolleras, när och av vem?	- Egenkontroller vid formsättning och när ett nytt arbetslag tar vid. - Betongarbetare utför kontrollmätningar vid färdigt element	- Egenkontroller längs hela produktionslinan
Hur dokumenteras kontrollerna?	- Betongarbetaren dokumenterar måtten i en produktbeskrivning	- Egenkontrollerna dokumenteras i en tillverkningskontroll. - Måtten dokumenteras vid formsättning och vid avformning
Vilka är de vanligaste avvikelserna?	- Ingjutningsgods - Diagonalmått	- Ingjutningsgods - Diagonalmått - Elementtjocklek
Hur behandlas element som har måttavvikelser?	- De åtgärdas i efterhand - Samråd sker med projektledare/montage - Det kasseras	- De åtgärdas i efterhand - Samråd sker med projektledare/montage - Det kasseras
Förekommer det leveranser av element med avvikelser?	- Endast om projektledning/montage först har rådfrågats	- Endast om projektledning/montage först har rådfrågats
Vilken information skulle ni vilja ha av projekteringskedet?	- Diagonalmått samt mätpunkter - 3D-skiss	- Diagonalmått samt mätpunkter
Finns det toleranser som upplevs för snäva/vida?	- Nej	- Buktighetstoleranser för vida
Syn på en tjänst med en kvalitetssäkrande och utbildande funktion?	- Positiva	- Positiva - Efterkontroller skulle kunna ske efter att elementet har genomgått efterslipning
Vilken information skickas vidare till montage?	- Littera	- Littera
Vad är uppfattningen om fallföretagets avvikelssystem?	- Dålig erfarenhetsåterföring - Borde vara enklare att kategorisera avvikelserna	- Dålig erfarenhetsåterföring - Borde vara enklare att kategorisera avvikelserna - Har även ett internt avvikelssystem
Vad är uppfattningen om uppföljningsarbetet på fallföretaget?	- Bättre koppling till tidigare projekt - Ser gärna att möten hålls	- Bättre koppling till tidigare projekt med tidiga startmöten

Tabell 2. Sammanfattning av intervjuer och observationer från tillverkningskedet.

4.4.4 Projekteringsskedet

Målsättningen med frågeställningarna i projekteringsskedet har främst varit att undersöka på vilket sätt och i vilken utsträckning som toleranser behandlas. En annan målsättning har varit att undersöka huruvida det finns en möjlighet att bemöta tillverkningskedets önskemål om utökad information. De frågor som ställts är följande:

- På vilket sätt kommer ni i kontakt med toleranser?
- Förekommer det att noggrannare toleransbeskrivning krävs?
- Finns det möjlighet att utöka informationen på ritningar med:
 - Diagonalmått?
 - Mätpunkter, från var diagonalmåtten ska mätas?
 - 3D-ritning?

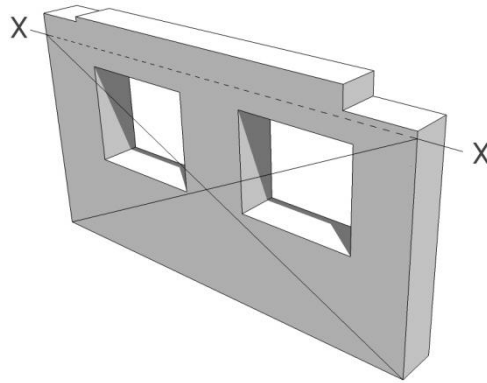
I detta skede har en anbudskonstruktör och två stycken projekteringsledare intervjuats. De båda projekteringsledarna intervjuades tillsammans.

På frågan om på vilket sätt de intervjuade kommer i kontakt med toleranser svarar de intervjuade lite avvikande från varandra. De båda projekteringsledarna svarar att deras kontakt med toleranser är högst begränsad. Den intervjuade anbudskonstruktören däremot menar att toleranser ständigt finns med i arbetet. Ett tydligt exempel är när fogarna ritas. Här tas alltid väggelementens toleranser med i beaktning.

Beträffande om det förekommer fall då en noggrannare toleransbeskrivning krävs så svarar den intervjuade anbudskonstruktören att det aldrig är fallet vid elementens huvudgeometri. Däremot, menar de båda projekteringsledarna, att det vid avancerade detaljer händer att de lägger till en tilläggskontroll.

Huruvida det finns möjlighet till att utöka informationen på ritningarna så ser samtliga respondenter inte något hinder för detta. Beträffande diagonalmått och mätpunkter så berättar de båda projekteringsledarna att detta redan vid ett tidigare tillfälle varit uppe för diskussion. Möjligheterna för detta finns. Det som behöver upprättas är en standard för hur mätpunkterna skall sättas ut. Kan en sådan standard utarbetas så borde dessa mått och mätpunkter kunna ske per automatik. Den intervjuade anbudskonstruktören instämmer i att möjligheterna för detta i allra högst grad finns. Anbudskonstruktören har dock en annan idé om hur problemet med avvikande diagonalmått skall reduceras. Konstruktören menar att felsökningsproceduren riskerar att bli för överväldigande om diagonalmåtten på ett avformat element, med ursparingar, inte visar sig att stämma. Istället så skulle ett mått kunna dras från underkanten, på den ena sidan av ett färdigt element, upp till ursparingen. Se *Figur 22*. Dras sedan samma mått från underkant på den andra sidan

skulle diagonalerna från dessa punkter kunna jämföras. Överensstämmer detta mått har en parallellitet uppnåtts.



Figur 22. Alternativ mätmetod av diagonalmått.

Vad det gäller möjligheterna till att infoga en 3D-bild, av elementet, på ritningen så är samtliga intervjuade positiva. Personalen på fabriken skulle snabbt få en överblick av elementet och många problem med ingjutningsgods skulle elimineras. Problemet är dock att fallföretagets digitala ritprogram, som används för att ta fram tillverkningsritningar, inte tillåter denna möjlighet. Skulle fallföretaget uppdatera sin programvara skulle dock detta problem kunna lösas.

4.4.5 Kund

Parallellt med övriga intervjuer har även en kund till fallföretaget intervjuats för att få ett, från fallföretaget, externt perspektiv till studien. Fallföretagets kunder är byggföretag och fastighetsbolag. I detta skede har främst frågor kring avtal och den allmänna uppfattningen om kvalitet och toleranser på fasadelementen ställts. De frågor som ställts till kunden är följande:

- Vad hänvisar ni till i avtal, beträffande toleranser för betongelement?
- Är ni nöjda med kvaliteten på fasadelementen från fallföretaget?
- Har ni observerat några toleransavvikelser på fasadelementen och vilka konsekvenser leder dessa till?
- Utförs kontroller på monterade element?

I detta skede har en projektchef, det vill säga den ansvarige för hela byggnationen, intervjuats. Projektchefen känner inte till vilka standarder som står i avtalen. Det hör till ovanligheten att behöva gå tillbaka till ett avtal för att reda ut en diskussion. Överlag är projektchefen nöjd med kvaliteten på ytterväggselementen från fallföretaget. I de fall som måttavvikelser uppmärksammats så åtgärdar fallföretaget i regel problemet, utan diskussion. Det är dock inte helt ovanligt att kunden åtgärdar ett

fel på egen hand. Detta dokumenteras aldrig. Ytterväggselementen håller ofta en högre kvalitet än andra element, som till exempel innerväggar och trapphus.

De problemen som uppmärksammats, i det projektet som respondenten för tillfället är involverad i, har med buktighet att göra. Huruvida de ligger inom de tillåtna toleranserna känner dock inte projektchefen till. Att buktigheten ofta upprepar sig på flera element tyder på att formarna, vid gjutning, har varit fel. Buktheten leder till färgskiftningar i fasaden när solen lyser från olika vinklar.

4.4.6 Svensk Byggtjänst

Under studiens arbetsgång observerades en avvikelse hos en från internet, i mars 2009, utskrivna version av toleranserna i AMA Hus 08 från den tryckta versionen, från samma månad. Toleranser var helt enkelt inte likställda i de båda versionerna. För att klargöra denna avvikelse kontaktades Sören Danielsson, på Svensk Byggtjänst. Orsaken till avvikelsen var ett problem med webbtjänsten, som olyckligtvis hade felaktigt länkat vidare till Hus AMA 98 istället för AMA Hus 08.

Vidare ställdes frågan om varför toleranserna hade reviderats från Hus AMA 98 till AMA Hus 08 samt hur kopplingen till Betongvaruindustrins toleranser ser ut. Danielsson menade att de nya toleranserna, för betongelement, hade arbetats fram i samråd med Betongvaruindustrin. Arbetet består av ett givande och tagande, men det är oundvikligen så att Betongvaruindustrin innehar en bättre kunskap kring toleranser för betongelement.

4.4.7 Helikopterperspektiv

Syftet med ett helikopterperspektiv är att ge en överblick av problemformuleringen. I detta fall har två personer från två, till fallföretaget, konkurrerande företag intervjuats, per telefon. Syftet med intervjuerna har varit att undersöka hur andra företag inom branschen förhåller sig till toleransfrågan, för att kunna ge ett bredare perspektiv. De frågor som ställts är likställda med de som ställts hos fallföretaget, och är följande;

- Vad hänvisar ni till i avtal gällande toleranser för betongelement, och vad efterfrågar era kunder?
- Är detta samma toleranser som försäljningsavdelningen anger i sina anbud?
- Uppstår problem gällande avtalade toleranser? I så fall var och när?
- Använder ni de toleranser som ni avtalat om även i tillverkningskedet, eller har ni egna, interna tillverknings toleranser?
- Vilka dokument och vilken information utbyts mellan fabrik och montage (och försäljning)?
- Vilka toleransavvikelser vållar störst problem för er?
- Hur fungerar och utnyttjas avvikelse systemet?
- Hur ser uppföljningen ut efter ett projekt?

Två stycken fabrikschefer/kvalitetsansvariga, benämnda *Fabrikschef 1* och *Fabrikschef 2*, har i detta skede intervjuats.

Vad det gäller vilka toleranser som det hänvisas till i avtal så hävdar båda respondenterna att de använder den senaste utgåvan av Bygga med prefabs toleranshäfte, 31B. Enligt Fabrikschef 1 så hänvisar kunden i regel till Hus AMA. Problem kan uppstå när kunden förutsätter strängare toleranser än de faktiskt avtalat om. Ett annat problem som båda respondenterna pekar på är diskussioner med underentreprenörer. Fogare och målare kan förutsätta att fogar och ytor ska vara perfekta och kan sedan kräva ersättning för extraarbete om de inte är nöjda med elementen.

På frågan om företagen använder sig av egna, interna toleranser i tillverkningen svarar Fabrikschef 1 att så inte är fallet. I tillverkningen används samma toleranser som är angivna i avtalet. Fabrikschef 2 menar att de på fabriken inte använder sig av den nya versionen av 31B, utan istället den gamla. Till detta är ett tillägg dock gjort, diagonalmåttskillnaden.

”31B gäller överlag i tillverkningen.” (Fabrikschef 1, 2010)

Beträffande vilka dokument som följer med till montage från fabrik så berättar Fabrikschef 1 att det enda som följer med är en följesedel. Fabrikschef 2 berättar att ett kontrolldokument, med uppgifter om elementet före och efter gjutning, kan följa med elementet om montagechef eller montageledare efterfrågar det. Detta hör dock till ovanligheten och då är det enda som skickas med elementet en följesedel.

De toleransavvikelse som vållar störst bekymmer för de båda företagen är ingjutningsgodsen och ytorna. Fabrikschef 1 berättar att problem med ytorna uppstår när elementen bearbetas på olika sätt, av olika personer och med olika metoder. Fabrikschef 2 framhåller istället problem med fogar. En stor ansträngning har, enligt Fabrikschef 2, gjorts för att identifiera och åtgärda avvikelser på fabriken, för att minimera extraarbete ute i montage.

Enligt Fabrikschef 1 så har avvikelssystemet brister. Många avvikelser åtgärdas ute i montage, utan att återkoppling ges till fabriken. Fabrikschef 1 pekar även på en tendens att de yngre medarbetarna är bättre på att använda avvikelssystemet än de äldre. Fabrikschef 2, däremot, är mycket nöjd med sitt avvikelssystem. Det är användarvänligt och ger en god överblick, vilket genererar god statistik och mycket återkoppling till de olika skedena i värdekedjan. Vad Fabrikschef 2 är mindre nöjd med är slutmötena som inte hålls i den utsträckning som de är tänkta att hållas.

4.5 En jämförelse mellan standarder

Toleranser för prefabricerade betongelement skiljer sig åt beroende på om det är Svensk Byggtjänst, Betongvaruindustrin eller Europastandard som givit ut dem. Det finns även skillnader mellan olika utgåvor av de olika toleranstabellerna. För att förtydliga skillnaderna mellan Hus AMA, 31B och Europastandard har en sammanställning gjorts i matrisform, se *Bilaga 1*. Fallföretagets interna toleranser har dock utelämnats.

Jämförelser har gjorts mellan Hus AMA 98, AMA Hus 08, Bygga med prefab 31B utgåva 11-99-4000, Bygga med prefab 31B, utgåva juni 2009, samt Europastandarden.

I de fall toleranserna skiljer sig från varandra är differensen oftast väldigt liten. Denna skillnad kan dock få betydande konsekvenser i bland annat avtal. Kunden hänvisar till en standard, företagen skriver en annan i sitt anbud och företagens fabriker tillverkar slutligen efter en tredje, den interna.

De europeiska toleranserna anges annorlunda i jämförelse med 31B och Hus AMA. Dessa presenteras därför i separata matriser i sammanställningen.

5 Analys och diskussion

I detta kapitel analyseras och diskuteras studiens samlade data. Kapitlet är indelat i tre rubriker som kommer att utgöra stommen för studiens slutsats.

5.1 Värdekedjan

Det råder inte några tvivel om att betydelsen av toleranser uppfattas olika beroende på vem i värdekedjan som tillfrågas. De olika aktörerna kommer också i olika utsträckning i kontakt med toleranser och de konsekvenser som toleransavvikelse kan resultera i.

5.1.1 Toleransuppfattning

Kunden har i regel inte någon detaljerad uppfattning om toleranser. Lite krasst uttryckt är kunden främst intresserad av att produkten vid leverans ser bra ut, alltså motsvarar de, av kunden, uppsatta förväntningarna. Detta innebär främst att ytan på elementet är tillfredställande och att fogarna är någorlunda raka. Beträffande toleranser så hänvisar kunden i avtal, i regel, till Svensk Byggtjänsts regelsamling Hus AMA. Oftast utan att specificera vilken utgåva eller vilken toleransklass som avses. Frågan är om kunder är medvetna om vad de avtalar om? De avvikelser som den, i studien, intervjuade kunden anmärker på ligger dessutom inom de angivna toleranskraven.

De, på fallföretagets försäljningsavdelning, intervjuade personerna bekräftar att kunden i regel enbart hänvisar till Hus AMA, oftast utan närmare specificering. Frågan är om försäljningsavdelningen skulle kunna bli tydligare i beskrivningen av sin produkt, och de toleranser som hänvisas till i anbud, för att minimera risken för missförstånd i senare skeden. Eventuellt så skulle besök med kund kunna genomföras på fabrik och/eller vid redan uppförda byggnader.

Omfattningen som projektörer och konstruktörer kommer i kontakt med begreppet toleranser är relativt begränsad. Persson (2009) beskriver, i avsnitt 3.3.13 *Toleransmedvetande*, ett fall där prefabricerade väggelement inte passade på grund av att ritningarna inte gick att tillämpa med varandra. Detta är ett tydligt exempel på bristfälligt toleransmedvetande under projekteringsskedet. Toleranser skrivs, på fallföretaget, inte ut på ritningar, utan anges i annan dokumentation. De efterliggande leden förväntas behärska sina respektive toleranskrav. Det finns dock ett önskemål från, det efterliggande, tillverkningsskedet att få utförligare information om elementen. Skulle diagonalmått finnas utsatta på ritningarna så skulle kontrollen av dem kunna förbättras. Istället för att bara undersöka differensen mellan de båda diagonalmått så skulle de även kunna kontrolleras mot det avsiktliga måttet. Skulle dessutom fabriken få information om hur diagonalmått skall mätas, det vill säga med utsatta mätpunkter, så skulle elementen kunna kontrollmätas efter att kantformen avlägsnats. Detta skulle möjliggöra upptäckten av måttavvikelse som uppstått efter

att kantformen till elementet monterats. Se *Figur 20*, i avsnitt 4.4.3 *Tillverkningskedet*. En annan möjlighet, som påpekats av en av de intervjuade i projekteringsskedet, är att diagonalerna på ett element inte bör mätas från elementets hörn. Mäts istället diagonalerna från en höjd som ligger under elementets eventuella ursparingar så undviks problem med diagonalmåtsättning, när ursparingar förekommer. Se avsnitt 4.4.4 *Projekteringsskedet*. Detta tillvägagångssätt förutsätter dock att noggranna egenkontroller vid formsättningen, och monteringen av ursparingslådorna, utförts.

Ett annat önskemål som efterfrågas från tillverkningskedet är en 3D-vy av elementet, på ritningen. Med en 3D-vy över elementet på ritningen så skulle personalen på fabriken enklare få en uppfattning om hur det färdiga elementet kommer att se ut. Ingjutningsgods skulle även på ett enklare sätt kunna identifieras. Programvaran, som projektörerna använder sig av i dagsläget, har dock inte stöd för denna funktion.

Det är först vid fabriken som toleransbegreppet får en framträdande roll. De tillverknings toleranser som fallföretaget arbetar efter finns angivna i företagets interna standard. Här återfinns, förutom egna värden på de toleranser som finns angivna 31B, även toleranser för differensen mellan diagonalmått. De interna tillverknings toleranserna finns vid den ena av fallföretagets båda fabriker angivna i en pärm, placerad ute i fabriken. I en av fallföretagets båda fabriker så finns längd-, höjd-, diagonal- samt vinkeltoleranserna angivna i det så kallade tillverkningskontrollen, som fabrikspersonalen löpande ska fylla i efter respektive arbetsmoment. Skulle diagonalmått, med respektive mätpunkt, finnas utsatta på ritningarna samt att de tillåtna tillverknings toleranserna enkelt skulle finnas till hands för fabrikspersonalen så skulle arbetet med måttkontrollerna enklare kunna systematiseras.

Det är vid montageskedet som problemet med toleranser på allvar kommer upp till ytan. Har det slarvats i tidigare skeden av värdekedjan så får de rättas till här. Det som Josephson & Larsson (2001) konstaterar, i avsnitt 3.3.1 *Definition av begreppet avvikelser*, att en kostnad kraftigt ökar ju senare i värdekedjan den upptäcks bekräftas av Projektsäljare 1.

De, i den teoretiska referensramen beskrivna, utsättnings- och montagetoleranserna får i montageskedet en tämligen marginell roll. Istället gäller kort och gott att klara byggplatstoleranserna. Vid olyckliga förhållanden så kan flera, på rad, levererade element inneha avvikelser, inom gällande toleranser, men åt samma håll, det vill säga endast plusmått eller endast minusmått. I dessa fall spelar utsättnings- och montagetoleranser en mindre roll. Här gäller det istället att lösa problemet på plats. Detsamma gäller avvikelser, både inom och utanför toleranserna, av ingjutningsgods, ursparingar etcetera. Problemen löses på byggarbetsplatsen. Det viktigaste är att monteringen flyter på, det vill säga att ett element, på grund av avvikelser hos det elementet eller ett angränsande element inte behöver vänta på montering. Flyter

montaget bara på så kan andra, för flödet mindre viktiga, avvikelser åtgärdas efterhand. I slutändan är det viktigt att kunden är nöjd. Det är väldigt viktigt att upprätthålla en god kundrelation och ett gott rykte. Detta innebär ofta korrigeringsåtgärder, som ligger utanför ramen för kontraktet.

Det är inte helt klart huruvida fallföretaget använder sig av ett öppet eller ett slutet system. Med hänsyn till de definitioner som angivits under *0 Slutna eller öppna system?* överensstämmer fallföretaget i störst mån med vad som beskrivs som ett slutet system. I de projekt när element från fallföretaget ska monteras tillsammans med element från andra leverantörer uppstår det inte helt sällan brister. I *Bilaga 8* finns två dokumenterade exempel på avvikelser som uppstått när två element, från olika fabriker, monterats ihop.

En sak som de båda intervjuade montagecheferna efterlyste var en bättre dialog med tillverkningskedet. Bland annat så efterfrågade de information om de faktiska måtten, det vill säga de vid fabrikskontroll uppmätta elementmåtten, av elementen i förväg. Denna information skulle med fördel kunna vara just det kontrolldokument, som fylls i vid fabriken. Med denna information skulle montagechefen bättre kunna planera sitt montage. Känner montagechef/montageledare till att ett element, som är på väg att levereras, innehar avvikelser som ligger inom, men på gränsen till vad standarderna tillåter så kan montaget av angränsande element anpassas. Dessa kontrolldokument, som i dagsläget förvaras på fabrikena, skulle kunna scannas och e-postas till montage så snart det är ifyllt.

En annan möjlighet skulle kunna vara att utrusta personalen på fabrikena med en handdator där måtten, vid kontroll, enkelt kan föras in. I handdatorn skulle all information om elementen, samt utförliga anvisningar till hur kontrollerna skall genomföras, kunna rymmas. Så snart kontrollerna av ett element är utförda, och införda i handdatorn, så skall denna information kunna finnas tillgänglig för montage, projektledning och övriga intresserade. Detta skulle, förutom att förenkla kontrollarbetet och bistå montagechef/montageledare med angelägen information även, kraftigt reducera dokumenthanteringen vid fabrikena.

5.1.2 Toleranser i avtal

Som Jingmond (2009) beskriver, i avsnitt *3.3.13 Toleransmedvetande*, så kan en av anledningarna till att toleransproblem uppstår vara att kunder, försäljningsavdelningar och fabriker alla utgår från olika toleranser. Sammanfattningsvis kan hanteringen av regler och standarder för toleranser summeras som följer:

1. *Kunden* hänvisar till Hus AMA, oftast utan att specificera utgåva och klass.
2. *Försäljningsavdelningen* hänvisar i sitt anbud till Betongvaruindustrins äldre toleranshäfte 31B, med ett par förtydliganden.
3. *Fabrikena* tillverkar efter företagets egna, interna toleranser.

Ett intressant scenario skulle kunna inträffa om en kund specifikt hänvisar till AMA Hus 08 och ett företag i sin tur hänvisar till den äldre versionen av 31B. Det innebär att kundens önskemål, i flera fall, är snävare än vad företaget skriver i sitt anbud. I detta fall är det av stor vikt att fallföretagets interna toleranser minst uppfyller vad som står angivet i AMA Hus 08.

Vem bestämmer då toleranserna? I ett examensarbete från 2009 som behandlar toleransmedvetandet i branschen har intervjuer genomförts med en rad platschefer. På frågan om vem det är som styr och bestämmer över toleranserna så svarade samtliga platschefer att det är leverantörerna som gör det (Persson, 2009).

Projektsäljare 1, som även suttit med vid framtagningen av 31B, beskriver att det som begränsar och bestämmer toleranserna ofta är den praktiska erfarenheten och den tekniska utrustningen. Dessa två påståenden ger en god bild av hur toleranserna bestäms idag. Kunder och beställare har i regel en dålig kännedom om toleransfrågan. Detta gör att de företag som levererar, exempelvis betongväggar, själva får bestämma vilka toleransramar som blir riktlinjer i tillverkningen av elementen. Kraven på producenterna ska styras av kunderna och deras efterfrågan. Så är även fallet för den prefabricerade betongvaruindustrin, men med undantag för toleranserna. Vet inte kunden vad toleranserna innebär för produkten så kommer de inte heller ha någon åsikt om dem när avtal ska upprättas. Vikten av rätt toleranser kommer inte att uppdagas, för kunden, förrän när byggnaden står färdig för besiktning.

Hur bestämmer då företagen efter vilka toleranser som de ska tillverka sina element? Som beskrivs i avsnittet *3.3.4 Toleranskrav* så måste företagens interna toleranser innefatta de, i intressentstegen, ovanstående aktörers krav. Företagens interna toleranser är sedan utformade för att optimera den egna insatsen (Hultenberger, 1983). Är dessa toleranser för vida kan det leda till att omfattande justeringar och efterlägningsarbeten måste utföras i montageskedet, för att upprätthålla byggplatstoleranserna. Har företagen istället för snäva toleranser riskerar kostnaden, förenad med att vara noggrann, att bli för stor. Många företag väljer därför toleranser som överensstämmer med, eller är något snävare än, betongindustrins toleranshäfte.

Hos fallföretaget utarbetas i dagläget en anbudsmodell, där en av delarna utgörs av ett toleranskapitel. Viktigt att ha i åtanke vid utformandet av ett sådant toleranskapitel är att finna ett alternativ som både tillfredställer kundens krav, och som även inte blir för tufft för fabriken att klara av.

SBUF (2009) beskriver, i avsnitt *3.3.4 Toleranskrav*, att en av DFMA's grundteser är att ha största möjliga toleranser, då snäva toleranser medför extrakostnader. Betongvaruindustrin (2009) beskriver, i samma avsnitt, att toleranser snävare än vad som krävs med hänsyn till bärförmåga, funktion och utseende av kostnadsskäl inte ska användas. Det första påståendet kan ifrågasättas då det kan vara svårt förstå den egentliga innebörden med största möjliga toleranser. Det är lättare att tyda det som

beskrivs av Betongvaruindustrin. Trots detta så påverkar toleranserna bärförmågan, funktionen och utseendet på olika sätt. Med hänsyn till bärförmåga och funktion kan relativt vida toleranser användas och fortfarande möta dessa krav. Beträffande utseende kan nära nolltolerans krävas för att inte påverka en byggnads estetik.

5.2 Kartläggning av toleranser och kontroller

En målsättning med studien är att identifiera de mest betydelsefulla toleranserna och att undersöka möjligheterna att reducera risken för att toleransavvikelse ska uppstå. Stor vikt har därför lagts på frågeställningar kring just detta, till de olika respondenterna.

När frågan om den vanligaste toleransavvikelsen ställdes till respondenterna i montageskedet så erhöles väldigt skiftande svar. De intervjuade montörerna anmärkte främst på ingjutningsgods, såsom fästplåtar och dubbhåll. Ställdes samma fråga till montagechef eller montageledare så rörde svaret främst geometrin på elementet, det vill säga längd-, höjd- och diagonalmått. Omformulerades frågan till att undersöka den toleransavvikelsen som föranleder mest extraarbete så svarade den ena montagechefen samt montageledaren *diagonalmåtten*. På samma fråga svarade den andra montagechefen istället att det är *plussmåtten*, som ställer till mest bekymmer. Är elementen för långa eller för höga, så måste de kapas. Är elementen däremot för korta så kan avvikelsen oftast döljas i fogen. Detta resonemang förutsätter självklart att elementet inte är orimligt mycket för kort, eller lågt. Två andra erhållna svar till denna frågeställning var felaktigt placerade fästplåtar, som det kan ta upp till en halv dag att åtgärda, samt buktighet i planet som håldäcken monteras på. Denna buktighet kan komma att påverka takets insida.

Ställs frågan om den vanligaste toleransavvikelsen istället till tillverkningskedet erhålls i princip samma svar. Det är främst ingjutningsgodset och diagonalmåttan som är ett problem. Här påvisas även problem med felaktigt placerade lådor för ursparingar samt att elementtjockleken kan utgöra ett problem.

Måttavvikelse kan exempelvis uppstå vid lastning och lossning, under transport samt vid utsättning och montage. Klart är ändå att många avvikelser uppstår under tillverkningskedet. Orsakerna till avvikelserna kan vara flera, såsom felaktig projektering, bristande information från projektering, slarv, tidsbrist, bristande rutiner, dålig erfarenhetsåterföring etcetera. I avsnitt *1.1 Bakgrund* listar Persson (2009) "slarv med kontrollmätningar" som en bakomliggande faktor till att toleransavvikelse uppstår. En frågeställning som diskuterats i denna studie är huruvida fabriker skall tillämpa egenkontroller eller skall ha en tjänst med kontrollerande och kvalitetssäkrande arbetsuppgifter. Respondenterna i studien kan, i det närmaste, delas in i två lika stora läger, där halva läget förespråkar egenkontroller och den andra hälften att ha en anställd, med arbetsuppgift att kontrollera elementen.

5.2.1 Egenkontroll eller kvalitetssäkrare?

De båda fabrikerna tillämpar olika kontrollmetoder. På Fabrik 1 så har en betongarbetare, förutom sina ursprungliga arbetsuppgifter, även tilldelats arbetsuppgiften att kontrollmäta färdiga element. Fram tills detta skede tillämpas egenkontroller av personalen. På Fabrik 2 tillämpas egenkontroller rakt igenom hela produktionslinan. Skillnaden mellan de båda fabrikerna är att kontrollerna dokumenteras i en större utsträckning vid Fabrik 2. Geometrin på elementen kontrollmäts och dokumenteras dels vid formsättning och dels vid avformning. Mellan dessa skeden utförs och dokumenteras en rad andra kontroller av ingjutningsgods, armering, gjutning etcetera.

Studien har uppmärksammat brister i båda av fabrikernas kontrollmetoder. Vid Fabrik 1 finns en stor förbättringspotential i kontrollen av diagonalmått. Dessa mått skall kontrolleras vid formsättning och skall även kontrolleras och dokumenteras när elementet är färdigt. Den senare av de båda kontrollerna utförs i dagsläget inte i någon större utsträckning. Den främsta anledningen till detta är att kantformen redan har avlägsnats och att ursparingar och utskjutande klackar omöjliggör en sådan kontroll. Att elementen i vissa fall ställts upp, upprätt, bidrar också till att kontrollmätningen blir problematisk. Vid Fabrik 2 finns det också en förbättringspotential i kontrollmätningen när elementet är färdigt. Kontrollen skall genomföras vid avformningen, det vill säga strax innan kantformen avlägsnas. Detta skulle möjliggöra kontroll av diagonalmått även om elementet innehar ursparingar. Dock skulle utskjutande klackar fortfarande utgöra ett problem. Problemet är att det ofta råder tidsbrist när elementet befinner sig vid avformning. Takttiden för elementen är 45 minuter per station och det är inte ovanligt att kontrollmätningar, vid denna station, helt enkelt inte hinner utföras.

Det kan konstateras att båda fabrikerna kan förbättra sina rutiner kring sitt kontrollarbete. Ett led i detta förbättringsarbete skulle kunna vara att studera varandras system och de brister och de fördelar de har. Skulle fabrikerna ha en anställd med enbart kvalitetssäkrande och utbildande funktion så skulle många toleransavvikelser kunna elimineras. En sådan tjänst skulle med fördel kunna ha följande tre arbetsuppgifter:

1. Efterkontroller

Efterkontrollerna måste ske när elementet fortfarande ligger ner och här måste det finnas tydliga direktiv för hur kontrollmätningarna skall genomföras. Vid detta skede så ska elementets huvudgeometri kontrollmätas samt ingjutningsgods, såsom fästplåtar, eldosor och dubbhål. Denna kontroll ska dokumenteras.

2. Utbildande funktion

Josephson & Larsson (2001) belyser, i avsnitt 3.3.1 *Definition av begreppet avvikelser*, vikten för byggföretagen att utveckla och informera de anställda för att uppnå en högre kunskap och erfarenhet samt för att möjliggöra för dem att ifrågasätta och reflektera över den egna arbetsinsatsen. Personen med en sådan tjänst måste ha en god kunskap om dels själva produktionen, men också om hela processen, från projektering till montage. Denne måste även vara väl medveten om betydelsen och innebörden av de olika arbetsmomenten samt ha en god kännedom om ritningar och toleranser. Denna kunskap skall den kvalitetsansvariga kunna förmedla till personalen i fabriken så att egenkontrollerna uppnår en så hög kvalitet som möjligt.

3. Kvalitetssäkring längs hela produktionslinan

Parallellt med den utbildande funktionen hos tjänsten så skall den kvalitetsansvarige även utföra kontroller längs produktionslinan. Exempelvis efter formsättning och innan gjutning. Efter formsättningen är det viktigt att kontrollmäta lådorna för ursparingar.

En annan möjlighet att säkerställa kvaliteten på elementen är att ha en representant från montageskedet som kontrollmäter leveransfärdiga element, vid fabriken. Vid Fabrik 2 utförs idag en sista kontroll av elementet att det inte är skadat när det är lastat på lastbil. En sådan kontroll skulle kunna utvecklas till att, av en representant från montageskedet, även innefatta kontroll av mått och ingjutningsgods. Detta skulle, ur montageskedets perspektiv, säkerställa kvaliteten på elementen, och ur tillverkningskedets perspektiv, fungera som en garanti att levererade element uppfyller toleranskraven. Att ständigt ha en representant från montage ute vid fabrik känns dock som en utopi. Personalen i montage och vid fabriken behöver dock få en större inblick och förståelse för varandras arbete och svårigheter.

5.2.2 Mätteknik

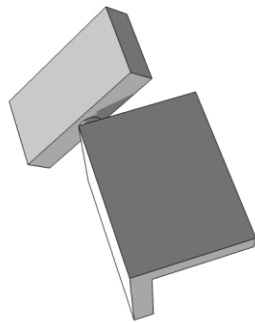
I dagsläget så används, i tillverkningskedet, måttband eller laserdon vid formsättning och kontroller. Kontrollmätningar utförs i regel med måttband. Anledningen till detta är främst enkelheten, men även att de laserdon som finns tillgängliga behöver någonting att reflektera sin laserstråle mot för att kunna användas. I avsnitt 3.3.12 *Måttkontroll på fabrik och byggplats* så beskriver Betongvaruindustrin (2009) att en kontroll av mått ska utföras med en mätnoggrannhet som motsvarar högst en femtedel av den tolerans som gäller för måttet ifråga. De båda mätmetoderna har sina fördelar och nackdelar.

Ett måttband är enkelt att använda. Det behöver inte kalibreras och risken för att det används fel är relativt liten. En brist med måttband är risken för felavläsning. En annan faktor, som måste beaktas, är att måttband kräver en idealkraft och en idealtemperatur för att ge ett korrekt resultat. Är kraften som måttbandet spänns upp

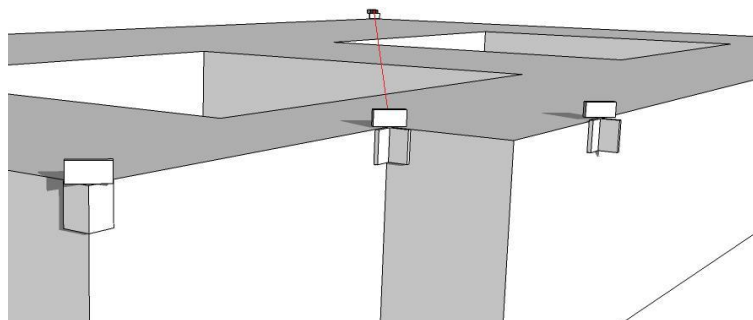
Analys och diskussion

med eller temperaturen, där den används, skild från idealvärdena så riskerar resultatet att avvika (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, 2010)

En mät dosa måste vara kalibrerad för att ge ett korrekt avstånd. Är den kalibrerad riktigt och används på ett korrekt sätt så blir resultatet av en mätning väldigt exakt. Avläsningsfelen kan antas vara färre än vid mätning med måttband och mättingsförfarandet blir också väldigt enkelt. Ett problem med mät dosor är att de behöver någonting att reflektera sin laserstråle mot. En möjlighet är att konstruera en fästbar vinkel att sätta fast i änden på ett element. Med en enkel fästordning skulle mät förfarandet av ett elements ytter- och diagonalmått kunna förenklas. I *Figur 23* och *Figur 24* presenteras en enkel konstruktionslösning för att underlätta kontrollmätning, av bland annat diagonalmått.



Figur 23. En enkel konstruktion, som möjliggör lasermätning för bland annat diagonalmått. Lasermät donet riktas mot en punkt mitt på den ovanliggande, raka, skivan.



Figur 24. Figuren visar hur konstruktionen, på ett enkelt sätt, kan fästas vid olika hörn, eller längs en sida.

5.2.3 Tre kontroller

Vid ett av besöken vid Fabrik1 så observerades tre stycken kontrollmätningar av väggelement. Samtliga element hade avformats, men låg fortfarande ner. Måtten som kontrollerades var bredd och höjd. Vid två av elementen kontrollerades även ingjutningsgods och vid det tredje kontrollerades diagonalmått. För närmare beskrivning av kontrollerna se *Tabell 1*, i avsnitt 4.4.3 *Tillverkningskedet*. För ett element där bredd, höjd och ingjutningsgods kontrollerades, men inte diagonalmått, var snitttiden för en kontroll cirka tio minuter. Ett element där inte ingjutningsgods, men istället diagonalmått, kontrollerades så tog kontrollen cirka fyra minuter. Ett relativt säkert påstående är således att en kontroll där höjd, bredd, diagonalmått samt ingjutningsgods kontrolleras inte borde ta mer än femton minuter. Vid Fabrik 2 så skulle dessa femton minuter, med fördel, kunna förläggas vid stationen efter avformningen. Vid denna station upptar slipningen endast en liten del av den 45 minuter långa taktiden.

Vid kontrollerna uppmärksammades även en eventuell toleransavvikelse. Differensen mellan ett elements diagonalmått uppmättes till sex millimeter. Elementets mått var 3876×4000. Hänsyn tas sedan till att mätnoggrannheten maximalt får motsvara en femtedel av toleransen. Om den interna toleransen för ett element, med denna storlek, underskrider fem millimeter så är det alltså en toleransavvikelse.

5.2.4 Diagonalmått

Toleranser för diagonalmått finns inte angivna i Betongvaruindustrins toleranshäfte 31B. Fallföretaget och ett av de konkurrerande företagen har dock bestämt egna, interna toleranser för differensen av diagonalmått.

Frågan, för fallföretaget, är hur efterkontrollen av diagonalmått skall utformas för att den alltid skall kunna genomföras och vara tillförlitlig. Tre olika förslag på lösning presenteras nedan:

1. Kontrollen utförs före avformningen.

Kontrollen av diagonalmått kan utföras oavsett om elementet har ursparingar eller inte. Vid detta alternativ är det viktigt att tid för kontrollen faktiskt ges. En kvalitetssäkrare skall ges tillräcklig med tid för att kunna utföra kontrollen av diagonalmått tillsammans med övriga kontroller. Diagonalmåtten mäts och differensen jämförs med den interna standarden. En brist uppstår om elementet har utskjutande klackar. En annan brist uppkommer om lådor för ursparingar monterats fel. Detta kommer vid denna kontroll inte att upptäckas, eftersom diagonalmått mäts från kantformens hörn.

2. Ritningarna kompletteras till att även inneha diagonalmått samt mätpunkter från var mått skall dras. Se *Figur 18*, i avsnitt 4.4.3 *Tillverkningskedet*.

Den, av projektörerna, kompletterande informationen tillåter att elementet kan kontrollmätas dels vid avformning, men även senare i produktionslinan. Vid Fabrik 2 skulle denna kontroll med fördel kunna placeras vid bordet efter avformningen, där efterslipningen genomförs. En kvalitetssäkrare mäter de mått anvisade av projektören och jämför dem med uppgifterna från ritningen. Klackar, ursparingar och andra, tidigare, hinder för kontroll av diagonalmått kan, med denna metod, undgås. Är lådorna för ursparingarna felaktigt monterade så kommer detta att upptäckas vid denna kontroll. En brist med denna metod är att en felsökning blir nödvändig om diagonalmått inte stämmer. Detta kan då dels bero på huvudgeometrin på elementet, men även på ursparingarna. Förutom att en standard för hur mätpunkterna ska sättas ut och hur kontrollmätningarna ska utföras så bör även en ny tolerans för diagonalmått utarbetas. Eftersom diagonalerna vid denna metod inte nödvändigtvis är likvärdiga så blir diagonalmåttsdifferensen betydelselös. Istället så bör en ny tolerans, för avvikelserna gentemot ritningen, bestämmas.

3. Diagonalmåtten mäts från punkter, som inte påverkas av ursparingar. Se *Figur 22*, i avsnitt 4.4.4 *Projekteringsskedet*.

Denna metod tillåter också att elementet mäts efter att kantformen har avlägsnats. En kvalitetssäkrare mäter höjden upp till en punkt som ligger under eventuella ursparingar. Mäts sedan samma höjd på den motsatta sidan kan de båda diagonalerna mätas och jämföras med varandra. En brist med denna metod är att felaktiga ursparingar riskerar att förbises. Kontrollförfarandet kan även antas ta lite längre tid, då ytterligare två mått måste mätas upp.

I avsnitt 3.3.3 *Måttavvikelser* beskriver Betongvaruindustrin (2009) att ”*med rätt teknik, samt med entydiga utgångspunkter för mätning, så kan utsättning och montering underlättas*”. Detta torde alltså vara en sanning även för kontroller i tillverkningskedet.

5.2.5 Ursparingar och ingjutningsgods

Vissa avvikelser har, i studien, visat sig vara vanligare än andra. Ett tydligt exempel på detta är fästplåtarna. Att dessa sitter fel är inte alltför ovanligt. Detta kan bero på flera saker. Ofta råder utrymmesbrist i elementen, där dessa plåtar, innan gjutning ska förankras. Elementen innehåller ofta en stor mängd armering och för att få plats med plåten så placeras den ibland med en viss förskjutning. Detta är ofta en bättre lösning än att flytta på, eller ta bort, armeringen som skulle kunna äventyra elementets grundläggande egenskaper. Personalen på fabriken pekar även på problem med ritningarna. Ibland är det helt enkelt svårt att tyda plåtarnas läge. Detta är alltså i grunden en projekteringsmiss.

En annan, inte alltför ovanlig, avvikelse är eldosorna. Att dessa hamnar fel beror främst på att de inte förankrats tillräckligt väl innan elementen skakas, för att jämfördela betongen. En intressant aspekt beträffande eldosorna är deras toleranser.

Eldosornas toleranser, i nivå, är enligt Bygga med prefabs toleranshäfte 31B + 3 och - 5. Detta innebär att dosorna får vara försänkta med fem millimeter, men får även sticka upp tre millimeter. En eldosa som sticker upp, ovanför elementet, innebär inte bara problem med efterslipningen av elementet, utan även vid montage. Sticker en dosa ut från väggen så måste omfattande efterarbeten göras för att få väggen helt jämn. Att en eldosa, enligt Betongvaruindustrin, tillåts sticka upp tre millimeter får betraktas som mycket besynnerligt.

Andra avvikelser som uppmärksammats är ursparingarna. Att lådor monteras fel vid formsättningen kan få kostsamma konsekvenser. Ofta beror detta på misstag vid fabriken. En låda som nästan har en kvadratisk form monteras 90 grader fel, se *Figur 20*, i avsnitt 4.4.3 *Tillverkningskedet*. Denna avvikelse skulle projektörerna kunna avhjälpa genom att, på ritningarna, vara extra tydliga med lådans geometri. En annan avvikelse som framkommit under intervjuer är den list, i ovankant på väggens insida, som håldäcken läggs upp på. Är denna inte helt rak så kommer innetakets i huset inte att bli jämnt. Se *Figur 16*, i avsnitt 4.4.2 *Montageskedet*.

För att reducera de avvikelser nämnda ovan så bör tilläggskontroller för dessa moment tillföras produktionslinan.

5.2.6 Utformning av dokumentation

I avsnitt 3.3.11 *Dokumentation* påpekas vikten av att dokumentera uppmärksammade avvikelser eller revideringar (Holm, et al., 1987). Syftet med dokumentation av kontrollerna är, i dagsläget, främst att fabriken ska ha ett kvitto på att kontrollerna har genomförts. Dokumentationen har även en kvalitetssäkrande funktion, då den dels beskriver kontrollerna och att någon faktiskt måste signera dokumentet för att godkänna att kontrollen genomförts på ett korrekt sätt. Är ett kontrolldokument för omfattande eller för komplicerat så riskerar det att inte fyllas i på ett önskvärt sätt. Är det istället för kort så riskerar istället kontrollerna att bli otillräckliga. En dokumentation av kontrollerna bör vara på cirka två A4-sidor, det vill säga en fram och en baksida av ett A4-ark. Vidare så bör kontrollerna av elementets geometri dokumenteras vid två tillfällen, dels vid formsättning och dels vid, eller efter, avformningen. Mellan dessa kontroller så bör även armering, gjutning, isolering och ingjutningsgods dokumenteras. Tillverkningskontrolldokumentet, som används vid Fabrik 2, är ett gott exempel på hur ett kontrolldokument bör vara utformat. Efter avformningen så bör även ytor, eventuella efterlagningar, målning samt fönstermontage att kontrolleras och dokumenteras. Vid detta skede skulle även en tilläggsbesiktning av extra viktiga ingjutningsgods, såsom fästplåtar och dubbhål, kunna genomföras och dokumenteras. På ett kontrolldokument bör även gällande toleranser finnas utsatta, för att undvika osäkerhet kring vilka avvikelser som faktiskt är acceptabla.

Ett alternativ, som tidigare diskuterats, är att istället för att dokumentera dessa kontroller på ett A4-ark, så skulle små handdatorer kunna användas. Med ett tydligt

och användarvänligt gränssnitt, där datorn exempelvis beskriver hur en kontroll ska utföras och protesterar om en kontroll förbisettes, så skulle kontrollarbetet främjas. Handdatorerna skulle även kunna innehålla gällande toleranser samt måttförtydliganden gjorda av projekteringsskedet. Efter en kontroll, eller efter en arbetsdag, så skall handdatorn placeras i en internetansluten dockningsstation, där batterierna laddas och kontrollerad information e-postas till montagechef, projektledare eller vem det är som efterfrågar informationen. Handdatorerna skulle, förutom att möjliggöra för montage att få information om elementen även, kunna integreras med fallföretagets avvikelssystem. Även avvikelser som ligger inom toleranserna skulle på ett enkelt sätt kunna sammanställas för att urskilja mönster och tendenser.

5.3 Förbättringsarbete

Förbättringsarbetet har delats in i avvikelssystem och uppföljning. Under rubriken uppföljning faller slut- och startmöten samt övrig återkoppling mellan de olika skedena i värdekedjan.

5.3.1 Avvikelsesystem

Jingmond (2009) listar, i avsnitt 3.3.13 *Toleransmedvetande*, bland annat följande två orsaker som vanliga orsaker till toleransproblem i branschen:

- Dålig avvikelshantering och erfarenhetsåterföring, eftersom det oftast handlar om engångsföreteelser.
- En invecklad, dyr och tidskrävande avvikelshantering. Det är lättare att justera småfelet på plats än att göra en avvikelserapportering.

Uppstår en avvikelse någonstans i värdekedjan är rapporteringsförfarandet som följer. Registreraren för in avvikelsen, i fallföretagets avvikelssystem, beskriver en direkt åtgärd och adresserar den sedan till en problemägare. Ett vanligt scenario är att projektledaren eller montagechefen är registrerare och den kvalitetsansvarige på fabriken är problemägare. Efter detta så beskriver problemägaren först en orsaksutredning och sedan en korrigerande åtgärd. I det sista steget så värderar projektledaren huruvida ärendet kan avslutas. Är projektledaren tillfreds med orsaksutredningen och den korrigerande åtgärden så avslutas ärendet och den registrerade avvikelsen ska därmed vara åtgärdad och förebyggd. I dagsläget så skiljer sig förfarandet något från hur det är påtänkt. Uppstår en avvikelse så kontaktas problemägaren oftast istället per telefon, där denne informeras om avvikelsen. Avvikelsen förs istället in i avvikelssystemet först vid ett senare tillfälle och oftast när registreraren har ett flera avvikelser att bokföra.

I intervjuerna har det framgått att olika skeden, i värdekedjan, har olika uppfattning om avvikelssystemet och om dess fördelar och brister. I försäljningsskedet är uppfattningen att det fungerar relativt väl. Att avvikelser förs in ”klumpvis” uppfattas

inte som ett problem. Detta är helt enkelt den mest tidseffektiva lösningen. Ställs istället frågan till tillverkningskedet så blir svaret annorlunda. Att avvikelser förs in ”klumpvis” och ofta en tid efter att den faktiskt har uppstått är inte optimalt ur ett uppföljningsperspektiv. Det påpekas även brister i syftet med avvikelssystemet. Systemet används visserligen flitigt, men används, enligt personalen på fabrikerna, främst för att möjliggöra en ekonomisk uppföljning, av avvikelserna, efter ett projekt. Det fungerar sämre när det gäller att identifiera och förebygga avvikelserna. Systemet borde alltså bättre kunna kategorisera avvikelserna. Likaså borde det finnas en tydligare koppling mellan avvikelssystemet och uppföljningsmötena. För att tillgodose de brister som fallföretagets avvikelssystem har så har en av fallföretagets båda fabriker implementerat ett eget, internt, avvikelssystem. Detta, excelbaserade, system har utformats för att tillgodose fabriken behov av att avhjälpa de avvikelser som uppstår. Det finns bland annat en mängd olika kategorier att insortera avvikelserna i. I en intervju med en Montagechef 1 så bekräftas bristerna påvisade från tillverkningskedet;

”Problemet är inte själva avvikelssystemet, utan att det används felaktigt. Även mindre avvikelser behöver dokumenteras och återkopplingen efter att en avvikelse har registrerats behöver bli bättre.” (Montagechef 2, 2010)

5.3.2 Uppföljning

Liksom avvikelssystemet så har uppföljningsarbetet, på fallföretaget, en förbättringspotential. Den intervjuade marknadschefen menar att slutmöten alltid hålls efter ett projekt. Detta påstående överensstämmer inte med vad de båda intervjuade kvalitetsansvariga berättar om slutmöten. De menar att slutmöten är något som *”hålls allt för sällan”*.

Slutmöten bör hållas efter varje avslutat projekt. Vid slutmötena så ska representanter från samtliga involverade skeden medverka och vara involverade. Det är viktigt att vid ett slutmöte inte bara fokusera på vad som är åtgärdat och hur mycket det har kostat. En diskussion om förebyggande åtgärder samt om förbättringsarbete, för både större och mindre avvikelser, måste även implementeras i mötet. Företagets avvikelssystem skulle vid detta skede kunna fungera som en plattform för förbättringsdiskussioner. I avsnitt 1.1 *Bakgrund* listar Persson (2009) *”utbredd brist på erfarenhetsåterföring mellan olika yrkesgrupper”* som en av de brister som branschen måste ta itu med. Samma slutsats når även Jingmond (2009), i avsnitt 3.3.13 *Toleransmedvetande*, när hon pekar på *”en bristande kommunikation”* och att *”feedback och återkopplingar fungerar dåligt”*. Detta kan således antas vara ett utbrett branschproblem.

På samma sätt som slutmötena har en viktig roll för förbättringsarbetet så har även startmötena det. Vid startmötena så bör avvikelser från äldre, liknande, projekt i en större utsträckning än idag analyseras och diskuteras.

Liksom obligatoriska start- och slutmötena så bör även något slags uppföljningsmöte ske under ett projekt. Syftet med ett sådant möte är att fånga upp avvikelser som observerats ute i montage och som skulle kunna avhjälpas direkt. Ett sådant möte skulle med fördel kunna hållas ute vid fabrik, där personalen från montage får presentera sina åsikter om uppkomna avvikelser och personalen från fabriken kan beskriva sin arbetsgång och hur de skulle kunna avhjälpa de uppkomna problemen. Detta möte skulle även hjälpa till att öka samsynen mellan montage och fabrik. I avsnitt 3.3.1 *Definition av begreppet avvikelser*, beskriver Josephson & Larsson (2001), betydelsen för att varje aktör och individ känner varandra och varandras arbets sätt. Detta resulterar i en närmare samverkan och en större förståelse för varandras arbete (Josephson & Larsson, 2001).

6 Slutsats och rekommendationer

Syftet med denna rapport kan delas in i två kategorier, *identifiering av problemet* samt *rekommendationer till förbättringsåtgärder*. Författarnas rekommendationer är riktade mot fallföretaget, men många av de belysta problemen kan antas vara generella problem för hela branschen. Nedan sammanfattas de slutsatser och rekommendationer som diskuterats under rubrik *5 Analys och diskussion*.

Vad och vem är det som bestämmer toleranserna? Först och främst är det teknik och erfarenhet, genom värdekedjan, som bestämmer graden av precision på toleranserna. AMA Hus 08, 31B och de interna toleranserna grundar sig alla i den tekniska utvecklingen och tidigare erfarenheter. Avtalet bestämmer sedan de juridiska gränserna för ett projekt. Avtalets innehåll ska styras av kundens efterfrågan. För toleranser är detta dock inte fallet. Eftersom kunden, i regel, har en så pass bristande kunskap om toleranser är det företagen själva som i slutändan styr toleranserna.

Går det att identifiera en eller ett par toleranser, som är särskilt viktiga och går det att koppla en toleransavvikelse från upptäckt tillbaka till dess uppkomst? I studien har tre stycken olika avvikelser identifierats som de vanligast förekommande och/eller kostsamma; *diagonalmått*, *ingjutningsgods* och *ursparingar*. Samtliga identifierade avvikelser har uppmärksammats i kopplingen mellan tillverknings- och montageskedet. Merparten av dessa avvikelser har sitt ursprung i tillverkningskedet, men kan ofta förebyggas redan i projekteringskedet. Ett tydligt exempel på detta är diagonalmåtten. Att det förekommer toleransavvikelser på diagonalmåtten beror på en brist i tillverkningskedet. Eftersom betydelsen av dessa mått inte i tillräcklig utsträckning tidigare belysts och att ett tydligt kontrollförfarande inte utvecklats, är detta dock en avvikelse som i stor utsträckning skulle kunna avhjälpas, i ett tidigare skede. I grunden beror ovan nämnda avvikelser på en brist i kommunikationen mellan de olika delarna av processkedjan.

Går det att precisera konkreta förbättringsförslag till arbetet med att förebygga toleransavvikelser? Nedan presenteras våra rekommendationer till förbättringsarbete.

För att undvika eventuella missförstånd, mellan kund och försäljningsavdelning, beträffande toleranser, så rekommenderar vi att toleranserna lyfts fram i en tidig dialog. Kunden skall veta vad de avtalade toleranserna innebär för slutprodukten. Eventuellt så skulle besök kunna genomföras vid fabrik samt vid referensobjekt, där bland annat toleranser lyfts fram. Detta skulle även eliminera eventuella korrigeringsåtgärder, inom toleranserna, som endast utförs för att upprätthålla en god kundrelation.

Vi rekommenderar fabrikerna att ha en heltidstjänst, vars främsta uppgift är att fungera som en kvalitetssäkrare. Personen med en sådan tjänst måste ha en god kunskap om dels själva produktionen, men också om hela processen, från projektering

till montage. Tjänsten ska innehålla en 15 minuter lång slutkontroll av samtliga element. Måtten som ska kontrolleras är bredd, höjd, diagonal samt ingjutningar och ursparingar. Vidare skall en sådan tjänst även ha en utbildande funktion. Syftet är att förbättra personalens egenkontroller samt att möjliggöra för dem att ifrågasätta och reflektera över den egna arbetsinsatsen. Det är viktigt att personen med en sådan roll har en god förståelse dels för de interna toleranserna, men även för hela värdekedjan. Slutligen ska en sådan tjänst även utföra stickprovskontroller längs hela arbetslinan.

Vi rekommenderar en förändring av arbetsgången kring hur diagonalmått på ett element ska kontrolleras. Tre förslag har presenterats i avsnitt 5.2.4 *Diagonalmått*. Det första innebär att tid ges för kontroller innan avformningen. Diagonalerna kan då kontrolleras från kantformens hörn. Ett annat alternativ är att diagonalerna kontrolleras från förutbestämda mätpunkter, mot mått som bestämts av projekteringsskedet. Detta alternativ skulle dels möjliggöra för kontroll efter avformningen samt för upptäckt av avvikelser i ursparingar. Ett tredje alternativ är att diagonalerna mäts från, av kvalitetssäkraren, uppmätta punkter, som inte påverkas av ursparingar.

Vi rekommenderar att tilläggskontroller implementeras vid särskilt vanliga eller kostsamma avvikelser, såsom fästplåtar samt ursparningen för upplaget för håldäck.

Vi rekommenderar att åtgärder för att stödja kontrollarbetet i tillverkningskedet implementeras. Bland annat så borde det på ritningarna även rymmas en 3D-vy över elementet. För att stödja kontrollmätningar utförda med laser så bör ett enkelt, fästbart redskap för att kunna reflektera laserstrålen utvecklas. Ett förslag till lösning presenteras i avsnitt 5.2.2 *Mätteknik*. Vidare så föreslår vi att en tydlig och standardiserad kontrollprocess implementeras. Kontroller av ett elements yttermått, diagonalmått samt särskilt problematiska ingjutningsgods, såsom fästplåtar, ska kontrolleras och signeras två gånger, dels vid formsättning och dels vid avformning. Övriga kontroller ska utföras och signeras två gånger. Detta skulle exempelvis kunna genomföras på ett förtryckt, dubbelsidigt, A4-ark, men förslagsvis så kan detta digitaliseras. Med en enkel handdator, där kontrollerade uppgifter förs in, och där kontrollförfarandet och gällande toleranser beskrivs, så skulle arbetet förenklas. Skulle en handdator införas i processen skulle även montagechefernas önskemål om information om varje element kunna mötas. När ett element är färdigt för leverans så ska informationen om kontrollerna, på ett enkelt sätt, elektroniskt kunna överföras till montagechefen eller projektledaren.

Vi rekommenderar att erfarenhetsåterföringen analyseras så att återkopplingen mellan de olika skedena i värdekedjan förbättras. Det är viktigt att personalen i respektive skede får en större inblick och förståelse för varandras arbete och svårigheter. Avvikelsesystemet bör styras mot att bättre kunna förse de olika skedena med återkoppling för att kunna identifiera och förebygga avvikelserna. För att möjliggöra detta bör systemet utvecklas till att enklare kunna kategorisera avvikelserna. Vidare

så bör avvikelser registreras så fort de uppmärksammas. Att föra in avvikelser ”klumpvis” underlättar inte arbetet med att förebygga dem. I dagsläget så används systemet främst för att möjliggöra en ekonomisk uppföljning av avvikelserna. Förfarandet ska vara *reagera*, *åtgärda* och *förebygga*.

Vi rekommenderar att slut- och startmöten blir obligatoriska moment för samtliga projekt. Vid dessa möten måste representanter från samtliga inblandade skeden finnas representerade. Vid större projekt bör även minst ett uppföljningsmöte hållas mitt i ett projekt. Vid samtliga av dessa möten bör toleranser och återkommande avvikelser vara en av diskussionspunkterna.

Förslag till fortsatta studier

Ett av syftena med studien var att själva studien ska kunna fungera som en kunskapsplattform om ämnet Toleranser. Detta för att underlätta arbetet med eventuella fortsatta studier. Under arbetets gång har flera intressanta problemområden diskuterats, som hamnat utanför det uppsatta syftet och målet. Några av dessa problemformuleringar samt förslag till fortsatta studier är att:

- Utvärdera de föreslagna förbättringsmöjligheterna för kontrollförfarandet hos diagonalmått.
- Undersöka hur en handdator, där kontrollerade måttuppgifter förs in, ska kunna se ut och fungera.
- Utveckla ett avvikelssystem som möjliggör den effektivare återkoppling som företagen inom betongvaruindustrin efterfrågar.
- Beräkna besparingsmöjligheterna av att implementera en kvalitetssäkrande tjänst i tillverkningskedet.
- Jämföra för- och nackdelar hos företag som använder sig av öppna respektive slutna system.
- Studera projektörens möjlighet till att effektivisera tillverkningskedet.
- Att undersöka toleransproblematiken kring materialmöten. Exempelvis där betong möter stål.

Slutsats och rekommendationer

7 Referenser

7.1 Bibliografier

- Adler, Peter (2005). *Bygga industrialiserat*. Stockholm: Svensk byggtjänst
- AMA hus 08: allmän material- och arbetsbeskrivning för husbyggnadsarbeten. (2009). Stockholm: Svensk byggtjänst
- Apleberger, Lennart, Jonsson, Rolf & Åhman, Pär (2007). *Byggandets industrialisering: nulägesbeskrivning*. Göteborg: Sveriges byggindustrier
- Boverkets handbok om betongkonstruktioner: *BBK 04*. 3. uppl. (2004). Karlskrona: Boverket
- Boverkets författningssamling: *BFS*. (2010). Karlskrona: Boverket
- Bygga med prefab: en handbok i teknik, estetik, kvalitet, ekonomi, miljö. (2009). Bromma: Betongvaruindustrin
- Denscombe, Martyn (2000). *Forskningshandboken: för småskaliga forskningsprojekt inom samhällsvetenskaperna*. Lund: Studentlitteratur
- Eriksson, Lars Torsten & Wiedersheim-Paul, Finn (1999). *Att utreda, forska och rapportera*. 6., [rev. och aktualiserade] uppl. Malmö: Liber ekonomi
- Holm, Hans, Lindberg, Åke & Lorentsen, Mogens (1987). *Projektera och bygga med toleranser. 1*. Stockholm: Svensk byggtjänst
- Holme, Idar Magne & Solvang, Bernt Krohn (1997). *Forskningsmetodik: om kvalitativa och kvantitativa metoder. 2.*, [rev. och utök.] uppl. Lund: Studentlitteratur
- Hultenberger, Lennart (1983). *Toleranskritik: en kritisk granskning av toleranser och toleransregler i byggnormer*. Stockholm: Statens råd för byggnadsforskning
- Häger, Björn (2001). *Intervjuteknik*. 1. uppl. Stockholm: Liber
- Jingmond, Monika (2009). *Toleranser i byggandet. Arbetsrapport 1: 12004*. Lund: Lunds tekniska högskola
- Jonsson, Patrik & Mattsson, Stig-Arne (2005). *Logistik: läran om effektiva materialflöden*. Lund: Studentlitteratur

Referenser

- Josephson, Per-Erik & Larsson, Bengt (2001). *Det konstiga är att vi inte upptäckte det tidigare: betydelsen av tidig felupptäckt i byggprojekt*. Göteborg: Sveriges Byggindustrier (BI)
- Kämpe, Per (2008). Hur påverkar toleranserna vår byggprocess? *Väg- och vattenbyggaren*, nr. 4 sid. 14.
- Landin, Anne (2010). *Demands on the Tolerances when Industrialising the Construction Sector*, Girmscheid, G, Scheublin, F, Gibb, A, (eds) *New Perspective in Industrialisation in Construction*, ISBN 978-3-906800-17-2, CIB, Zurich
- Lantz, Annika (1993). *Intervjumetodik: den professionellt genomförda intervjun*. Lund: Studentlitteratur
- Lilja, Hans, Olsson, Lars Göran & Wickström, Gunnar (1999). *Konstruktionsteknik: ritningsregler, toleranser, konstruktionselement : lärobok för högskola och gymnasium*. Västra Frölunda: Wickström Quality Engineering HB
- Merriam, Sharan B. (1994). *Fallstudien som forskningsmetod*. Lund: Studentlitteratur
- Nordstrand, Uno (2000). *Byggprocessen*. 3. uppl. Stockholm: Liber
- Patel, Runa & Davidson, Bo (2003). *Forskningsmetodikens grunder: att planera, genomföra och rapportera en undersökning*. 3., [uppdaterade] uppl. Lund: Studentlitteratur
- Persson, Frans (2009). *Toleransmedvetande inom byggbranschen*. Lund: Lunds tekniska högskola
- Persson, Tobias & Svedberg, Markus (2007). *Utveckling av en metod för avvikelshantering i byggföretag*. Göteborg: Chalmers tekniska högskola
- Rutström, Karin (2008). *Miljonprogrammets förnyelse: inspiration till en helhetssyn*. Stockholm: Rådet för byggkvalitet (BQR)
- Schenkel, Andrew (2003). Framgångsrika projekt kan hantera avvikelser. *Kvalitetsmagasinet*, nr.1, sid. 28-30.
- Wallén, Göran (1996). *Vetenskapsteori och forskningsmetodik*. 2. uppl. Lund: Studentlitteratur
- Westerberg, Marie (2007). *Varierat fasaduttryck för industriellt utvecklade flerbostadshus*. Göteborg: Chalmers tekniska högskola

Widerberg, Karin (2002). *Kvalitativ forskning i praktiken*. Lund: Studentlitteratur

7.2 Elektroniska källor

Abetong (2010). www.heidelbergcement.com. [2010-03-12].

Boverket (2009). www.boverket.se. *Moderna tider i Japan* [2010-01-21].

Byggfakta (2007). www.projektnytt.se. *NCC avslutar utvecklingsprojektet NCC Komplet* [2010-01-28].

Byggrådet (2009). www.byggrådet.se. *Alla mått stämmer men det passar inte ändå* [2010-01-20].

Byggvärlden (2008). www.byggvarlden.se. *Att upprätta tekniska beskrivningar med AMA*. [2010-03-16].

Cen (2010). www.cen.eu. [2010-03-02].

Färdigbetong (2010). www.fardigbetong.se. *Plattbärlag och skalväggar* [2010-03-12].

JTB World (2004). www.jtbworld.com. *BIM* [2010-02-04].

Nordcert (2008). www.nordcert.se. [2010-03-02].

Ny teknik (2001). www.nyteknik.se. *Standarder för 3D-cad, högprioriterat område* [2010-01-23]

SBUF (2009). www.sbuf.se. *Produktionsvänlig projektering av passivhus* [2010-02-03].

SBUF (2010). www.sbuf.se. [2010-05-21].

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut (2010). www.sp.se. *Kalibrering av måttband* [2010-05-10].

Strängbetong (2010). www.strangbetong.se. [2010-03-12].

Sveriges Byggindustrier (2000). www.bygg.org. *Byggekonomiska termer* [2010-05-17].

7.3 Intervjuer

Ahlquist, Jesper	[2010-05-10]
Belander, Per	[2010-04-14]
Björner, Ingemar	[2010-04-19]
Damstedt, Lars	[2010-03-15]
Danielsson, Sören	[2010-03-02]
Edmark, Joakim	[2010-04-14]
Edpalm, Lars	[2010-03-09]
Ericson, Magnus	[2010-04-19]
Falk, Mats	[2010-04-26]
Frögren, Göran	[2010-03-23]
Gustavsson, Peter	[2010-05-06]
Larsson, Mikael	[2010-04-14]
Liefvendahl, Tommy	[2010-05-06]
Nordgren, Kim	[2010-03-11]
Persson, Thomas	[2010-04-12]
Poser, Camilla	[2010-04-14]
Solvemark, Stefan	[2010-03-11]
Spånberg, Rebecka	[2010-03-15]
Swahn, Johan	[2010-04-14]
Wahlström, Mattias	[2010-04-19]
Ydhammar, Patrik	[2010-03-10]
Årjes, Jimmy	[2010-03-18]

7.4 Muntliga källor

Ahlquist, Jesper	[2010-03-24]
Svenmar, Peter	[2010-03-03]
Åberg, Lars	[2010-05-19]

Bilaga 1. Jämförelse toleranser.

VÄGGAR

Tillverknings toleranser		BMP, 31B		BMP, nya 31B		Europastandarder	
Mått Dimension och Form	Mätlängd	Väggar/Skärmar Toleransklass		Väggar/Skärmar Toleransklass		Väggelement	
		A	B	A	B	Klass A	Klass B
Höjd		±8	±12	±5	±8	Se Bilaga 4	
Bredd		±8	±12	±6	±8	Se Bilaga 4	
Tjocklek	≤ 100 mm	±5	±8	±5	±8	Se Bilaga 4	
	> 100 mm	±8	±12	±8	±12		
Buktighet	0,25m	±2	±3	±2	±3		
	2,00m	±5	±8	±5	±8		
Vinkelavvikelse för form	L ≤ 1,8 m	±5	±8	±5	±8		
	L > 1,8 m	±8	±12	±8	±12		
Hål och ursparningar (längd och höjd)				±10	±15	±10	±15
Fönster och dörröppningar						Klass A	Klass B
Höjd		±8	±12	±5	±8	±10	±15
Bredd		±8	±12	±5	±8	±10	±15
Läge i längs- och tvärled		±8	±12	±8	±12	±10	±15
Infästningsdetaljer, håltagningar etcetera						Klass A	Klass B
Bultar, skruvfästen och fästplåtar:							
Läge i längs- och tvärled		±10	±20	±10	±15	±10	±15
Läge i nivå				±5	±5		
Eldosor:							
Läge i nivå				+3, -5	+3, -5		
Enstaka eldosor, läge i längs och tvärled				±10	±15		
Eldosor i grupp inom 500mm:s utbredning:							
läge i längs och tvärled inom gruppen				±5	±5		
Eldosor sammansatt i grupp:							
läge i längs och tvärled inom gruppen				±2	±2		
Hål och ursparningar							
Läge i längs- och tvärled		±10	±20	±10	±15	±10	±15

Bilaga

Utsättnings- och montagetoleranser

	BMP, 31B		BMP, T.f.B	
	Väggar/Skärmar Utsättn.	Mont.	Väggar/Skärmar Utsättn.	Mont.
Mått				
Läge i sida (1*)	±6	±8	±6	±6
Läge i nivå (1*)	±4	±8	±4	±6
Läge i nivå mellan intilliggande fönster	±5	±8	±5	±6

Byggplatstoleranser

		BMP, 31B		BMP, T.f.B		Hus AMA 98		AMA Hus 08	
		Väggar/Skärmar Toleransklass		Väggar/Skärmar Toleransklass		Stomyttväggar Toleransklass		Stomyttväggar Toleransklass	
		A	B	A	B	A	B	A	B
Buktighet	0,25m					±2	±3	±2	±3
	2,00m					±5	±8	±5	±8
Lutning	H/600	> ±5	> ±5	> ±5	> ±5	> ±5	> ±5	> ±5	> ±5
		< ±20	< ±20	< ±20	< ±20	< ±20	< ±20	< ±20	< ±20
Läge i sida (från närmaste sekundärlinje)		±25	±25	±20	±20	±25	±25	±20	±20
Läge i nivå		±12	±15	±10	±13				
Läge i nivå mellan intilliggande fönster		±12	±15	±10	±13	±12	±15	±10	±13
Läge i nivå (elem. överkant från sek.linje i nivå)						±12	±15	±10	±13
Avstånd mellan närbelägna väggar		±25	±25	±25	±25	±25	±25	±25	±25
Fogbredd		±8	±8	±6	±8	±8	±8	±6	±8
Fogsprång, insida		5	8 (1*)	5	8 (2*)	5	8	±5	±8 (2*)
Fogsprång, utsida		8	12	8 (1*)	12	8	12	±8 (1*)	±12
Fogsprång för elementets överyta (upplagsyta)		5	8	5	8	5	8	5	8
Fogförskjutning (insida, utsida)		±12	±12	±10	±12	±12	±12	±10	±12

(1*) Insida hisschakt dock 5 mm

(2*) För färdig fasad och fasad avsedd för tunnputs 6 mm

Bilaga 2. 1:4 Byggprodukter med bestyrkta egenskaper (BFS 2010:2) BKR

1:3 De allmänna råden

De allmänna råden innehåller generella rekommendationer om tillämpningen av föreskrifterna i denna författning och i huvudförfattningarna och anger hur byggherren *kan* eller *bör* handla för att uppfylla föreskrifterna. Det står dock byggherren fritt att välja andra lösningar och metoder, om dessa uppfyller föreskrifternas krav. De allmänna råden kan även innehålla vissa förklarande eller redaktionella upplysningar.

De allmänna råden föregås av texten *Allmänt råd* och är tryckta med mindre och indragen text i anslutning till den föreskrift som de hänför sig till. (BFS 2007:20).

1:4s Byggprodukter med bestyrkta egenskaper

Med byggprodukter med bestyrkta egenskaper avses i denna författning produkter som tillverkats för att permanent ingå i byggnadsverk och som antingen

- a) är CE-märkta,
- b) är typgodkända och/eller tillverkningskontrollerade enligt bestämmelserna i 18–20 §§ BVL,
- c) har produktcertifierats av ett certifieringsorgan som ackrediterats för ändamålet och för produkten i fråga enligt 14 § lagen (1992:1119) om teknisk kontroll, eller
- d) har tillverkats i en fabrik vars tillverkning och produktionskontroll och utfallet därav för byggprodukten fortlöpande övervakas, bedöms och godkänns av ett certifieringsorgan som ackrediterats för ändamålet och för produkten ifråga enligt 14 § lagen (1992:1119) om teknisk kontroll. Produkten ska åtföljas av en deklARATION om överensstämmelse utfärdad av tillverkaren som refererar till den för byggprodukten gällande specifikationen som kan vara en standard eller fullständiga tillverkningshandlingar.

För att byggprodukten ska anses ha bestyrkta egenskaper ska verifieringen vid tillämpning av alternativ c) och d) ovan ha en sådan omfattning och kvalitet att det säkerställs att avsedda material- och produktens egenskaper uppfylls. Verifieringen ska motsvara minst vad som är beslutat för CE-märkning av liknande produkter. (BFS 2010:2).

Allmänt råd

Byggprodukter vars egenskaper bestyrkts enligt alternativen a), c) eller d) innebär inte att produkten bedömts mot svenska krav på byggnadsverk i denna författning eller i Boverkets Byggregler (BFS 1993:57), BBR, utan enbart att byggherren ska ha tilltro till den deklARATION av produktens egenskaper som medföljer. (BFS 2010:2)

Där denna författning hänvisar till allmänna råd eller handböcker i vilka begreppet *typgodkända eller tillverkningskontrollerade material och produkter* används ska detta ersättas med begreppet *byggprodukter med bestyrkta egenskaper* enligt detta avsnitt. (BFS 2010:2).

Bilaga

Bilaga 3. Förtillverkade betongprodukter – Gemensamma regler. SS-EN 13369:2004

Tillåtna avvikelser för tvärsnitt på bärande element

Avsedda mått hos tvärsnitt på bärande element	ΔL (mm)	Δc (mm)
$L \leq 150$ mm	+10 -5	± 5
$L = 400$ mm	± 5	+15 -10
$L \geq 2500$ mm	± 5	+30 -10

Linjär interpolation gäller för mellanliggande värden.

ANM. 1 ΔL och de positiva värdena på Δc (övre tillåten avvikelse) ges för att säkerställa att avvikelserna hos tvärsnittsmåtten och armeringens läge inte överstiger värden som motsvaras av de relevanta säkerhetsfaktorerna i Eurokoderna.

ANM. 2 De negativa värdena på Δc (undre tillåten avvikelse) ges med tanke på beständigheten.

ANM. 3 Särskilt kan funktionella särdrag hos produkterna fordra snävare toleranser.

ANM 4. De angivna värdena kan modifieras i produktstandarderna.

Bilaga

Bilaga 4. Förtillverkade betongprodukter – Väggelement. SS-EN 14992:2007

Toleranser för infästningsdetaljer och håltagningar

Klass	Tillåten avvikelse
A	± 10 mm
B	± 15 mm

Dimensionstoleranser

Klass	Tillåten avvikelse				
	Referensdimension				
	0 - 0,5 m	0,5 - 3 m	> 3 - 6 m	> 6 - 10 m	> 10 m
A	± 3 mm ^a	± 5 mm ^a	± 6 mm	± 8 mm	± 10 mm
B	± 8 mm	± 14 mm	± 16 mm	± 18 mm	± 20 mm

^a ± 2 mm vid små ytskikt.

Bilaga 5. Produktbeskrivning

SKANSKA

Skanska Industrial Production Nordic AB ¹⁽¹⁾

Produktbeskrivning – Vagg/D-platta

Skanska Stomssystem AB
Distrikt Industri - Bollebygd

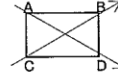
BORD: 18B

Projekt nr:	Projektnamn:	Littera	Nr i serien:	Rev.	Gjutdatum:
131618	Nereus	V116	1	A	2010-02-02

Mått på gjuten produkt

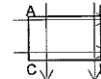
Diagonal AD mm
Diagonal CB mm
Diagonal mm
Differens mm

Signatur



Längd AB 2863 mm Höjd AC 2894 mm
Längd CD 2861 mm Höjd BD 2891 mm

Signatur



Efterkontroll

<u>E1</u> (placering, snöre är draget)	<u>Yta/Ytor</u> (enligt ritning)
N.A. - OK - Ej OK	N.A. - OK - Ej OK

<u>Dubb</u> (rätt placerade)	<u>Stu</u> (rensade)
N.A. - OK - Ej OK	N.A. - OK - Ej OK

<u>Svetsplåtar</u> (rätt placerade)
N.A. - OK - Ej OK

Tilläggskontroll

Spiro røret är ca 80 mm invändigt. Vi testa rakheten med ett rör som har en diameter 60 mm. Testverktyget ska löpa lätt genom spirorøret.

<u>Spirorør</u>
N.A. - OK - Ej OK

<u>Specialplåtar</u> (rätt placerad, ± 2 mm)
N.A. - OK - Ej OK

Anmärkning, åtgärd, rapportering

Bilaga

Bilaga 6. Tillverkningskontroll. Fram- och baksida.

SKANSKA

Titel
Tillverkningskontroll fasadelement

Dokumentnamn - Utgåva.
Kvalitetsdokument 6A-02

Rutiner
Skanska Industrial Production Nordic AB
Stomsystem

Sida 1 av 2

Upprättad av MNe	Granskad av Sign Sign/JE	Fastställd av Namn Sign/JE	Giltig 100301	Ersätter Kvalitetsdokument 6A-01
---------------------	--------------------------------	----------------------------------	------------------	-------------------------------------

Denna checklista används med instruktion I_00004.xlsx

Projektnr:	Projektname:	Littera:	Nr i serien:	Rev:	Gjutdatum:



Enligt Teknisk Pärm:

Längdtolerans	± 4mm
Höjdtolerans:	± 6mm
Diagonaltolerans:	
Elementlängd 3 – 5m	± 5mm
Elementlängd 6 – 8m	± 6mm
Vinkeltolerans	± 3mm

1 Fornsättning

Mått i formen före gjutning

Diagonal AD..... mm

Diagonal CB..... mm Diagonal diff..... mm

Längd AB..... mm Höjd AC..... mm

Längd CD..... mm Höjd BD..... mm

Sign.....

9 Avformning

Mått på gjuten produkt

Diagonal AD..... mm

Diagonal CB..... mm Diagonal diff..... mm

Längd AB..... mm Höjd AC..... mm

Längd CD..... mm Höjd BD..... mm

Sign.....

Skanska Stomsystem

Bilaga

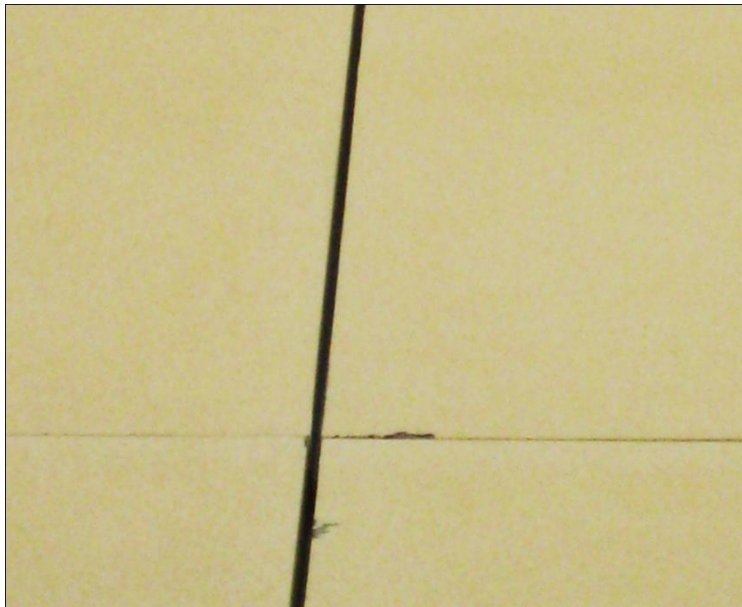
SKANSKA	Titel	Dokumentnamn - Utgåva.		
	Tillverkningskontroll fasadelement	Kvalitetsdokument 6A-02		
Rutiner				Sida 2 av 2
Skanska Industrial Producton Nordic AB				
Stomsystem				
Upprättad av	Granskad av	Fastställd av	Giltig	Ersätter
MNe	Sign Sign/JE	Namn Sign/JE	100301	Kvalitetsdokument 6A-01

Efterkontroll enl. instruktion

2	Utsättning	N.A - OK - EJ OK	Sign.....
3	Armering skikt 1	N.A - OK - EJ OK	Sign.....
4	Gjutning	N.A - OK - EJ OK	Sign.....
5	Isolering	N.A - OK - EJ OK	Sign.....
6	Armering skikt 2	N.A - OK - EJ OK	Sign.....
7	Gjutning	N.A - OK - EJ OK	Sign.....
8	Yta/ytor	N.A - OK - EJ OK	Sign.....
10	Efterlagning	N.A - OK - EJ OK	Sign.....
11	Målning	N.A - OK - EJ OK	Sign.....
12	Fönstermontage	N.A - OK - EJ OK	Sign.....
13	Okulär besiktning innan överlämning till lager. Avsyningsrutan på märklappen skall fyllas i på färdiga/godkända produkter.	N.A - OK - EJ OK	Sign.....
	Lagermottagare godkänner för transport till lager.		Sign.....

Skanska Stomsystem

Bilaga 7. Dokumenterade toleransavvikelser.



Bilaga 8. Dokumenterade avvikelser som följd av att element från olika fabriker har monterats ihop.

