

## Summering av doktorsavhandlingen:

# Produktionstopologins betydelse vid informationsbaserad strukturering av organisationer: Design av hantverksbaserade och industriella byggföretag<sup>1</sup>

Robert Gerth, Kungliga Tekniska högskolan, 2013

## Sammanfattning

Industrialisering är en affärsstrategi för byggföretag att radikalt förbättra sin konkurrenskraft. Det kräver dock att organisationsstrukturen utvecklas på sådant sätt att den stödjer det nya sättet att producera. Kunskapen om varför och hur denna organisationsutveckling bör genomföras är bristande, både inom akademi och i industrin. Det försöker denna forskning råda bot på.

Organisationsstrukturen och produktionssystemet har till uppgift att koordinera företagets alla processer och styra resurserna som utför arbetet så effektivt som möjligt. Samtidigt är det information som är den mest grundläggande dimensionen för att styra och kontrollera arbetet. Typen av information beror på i vilken omfattning företagets produkter kan kundanpassas och hur flexibelt produktionssystemet är. De olika informationstyperna hanteras i varierande grad av de olika organisatoriska styrmekanismerna. Av den anledningen bör företag med olika kundanpassningsstrategier eller produktionsflexibilitet strukturera sig på olika sätt för att styra arbetet på ett effektivt sätt.

Den utvecklade modellen identifierar fyra grundläggande produktionstopologier: ”*engineer-to-order*” (ETO), ”*manufacture-to-order*” (MTO), ”*assembly-to-order*” (ATO) och ”*make-standard-products*” (MSP). Produktionstopologiernas olikheter kan härledas till kundorderpunktens placering [*customer-order-decoupling-point* (CODP)] i produktrealisationsprocessen, och i vilken omfattning processerna uppströms och nedströms om CODP kontinuerligt använder sig av lagrad information eller bearbetar ny information för varje produktorder. Modellen förutsäger vilka organisationsstrukturella mekanismer som bör användas för vilka processer i respektive produktionstopologi, vilket även ger varje topologi dess typiska karakteristik. Vidare har modellen validerats genom fallstudier av fyra företag, en för respektive produktionstopologi, tre inom byggsektorn och ett inom fordonsindustrin.

Konventionella byggföretag har en ETO-topologi, som är fundamentalt annorlunda de andra. Det innebär samtidigt att industriella byggföretag, som är någon av produktionstopologierna MTO, ATO eller MSP, organisatoriskt och produktionssystemsmässigt är radikalt olika traditionella byggare. Anledningen är att traditionella byggföretag använder sig av hantverksbaserad produktion, medan de andra topologierna har byggt upp sina produktionssystem utifrån industriella principer. Dessa två produktionstyper hanterar information på olika sätt, vilket också förklarar varför företagsstrukturerna är olika. Den genomförda forskningen kompletterar tidigare teorier och ökar förmågan att förutse, analysera och förklara organisationers design, verksamhet och beteende. I praktiken kan modellen användas för att vägleda effektiviserings- och organisationsutvecklingsarbete.

*Nyckelord:* organisation, organisationsutveckling, ledning och management, produktionsstrategi, produktionssystem, industriellt byggande, konventionellt byggande, information

---

<sup>1</sup> Översättning av titeln ”The Role of Production Topology in Information Based Structuring of organizations: The design of craft-based and industrialized construction firms”. Se <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:663793/FULLTEXT01.pdf>.

## Introduktion

Industrialisering är en affärsstrategi för byggföretag att radikalt förbättra sin konkurrenskraft. Det kräver dock att organisationsstrukturen transformeras på sådant sätt att den stödjer det nya sättet att producera. För att genomföra denna transformation måste vi förstå både det organisatoriska utgångsläget och slutläget i samma omfattning som teknikutvecklingen – det är detta doktorsavhandlingen handlar om. Avhandlingen förklarar varför och hur en industrialisering av bostadsbyggande företag kräver en förändring av både produktionssystemet och organisationsstrukturen.

## Vetenskaplig metodik

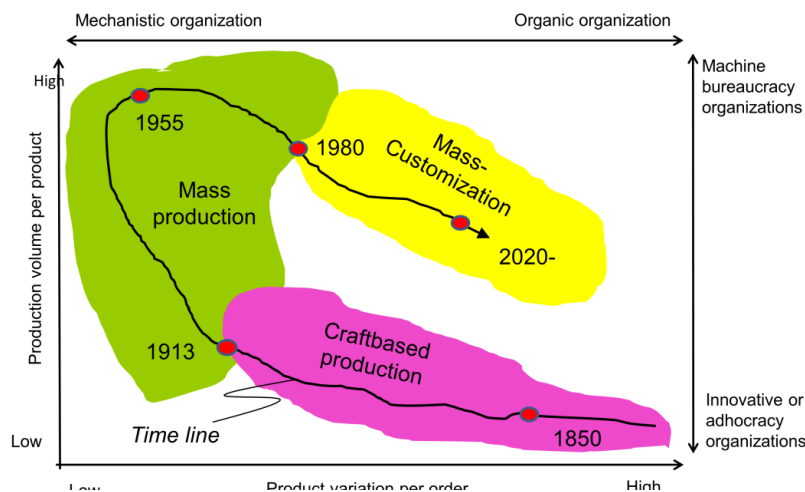
Resultatet av forskningen bygger på omfattande teoristudier som har validerats genom fyra djupgående fallstudier. Tre av fallstudieorganisationerna hörde hemma inom bostadsbyggandet (Peab Bostad, NCC Komponent, Det ljuva livet [DLL]) medan den fjärde hade sin tillhörighet i fordonsindustrin (Scania). Avhandlingens fallbeskrivningar fungerar även som konkreta exempel på hur olika typer av organisationer kan se ut i verkligheten. Totalt genomfördes 100 intervjuer och ett par hundra dagar med observationer. Vidare analyserades tusentals sidor med företagsspecifika dokument angående t.ex. strategier, verksamhetsstyrning, processer, arbetsorganisation och teknik. Notera även att forskaren har varit anställd och arbetat för de byggrelaterade fallstudieföretagen.

## Begränsningar

Projektet avgränsades till behandla stora byggföretag som äger och utför en större del av projektprocessen själva, men resultatet bör även kunna användas i mindre entreprenörs- och installationsföretag. I princip är den största skillnaden mellan dessa företagstyper vilken typ av produktionstopologi som används. Denna populistiska summering av doktorsavhandlingen behandlar endast resultatet av forskningen. För djupare beskrivningar av forskningsmetodik, teori, fallstudiebeskrivningar, analys och PTO-modell se avhandlingen på <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:663793/FULLTEXT01.pdf>.

## Industrialisering förutsätter organisatoriska förändringar

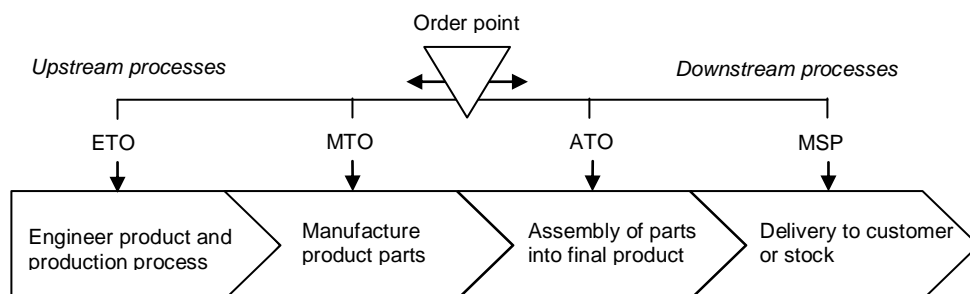
Inspiration för industrialiseringen för att förbättra produktionskostnaderna, produktkvalitet och den bristande produktivitetsutvecklingen har ofta hämtats från fordonsindustrin. Tyvärr har det allt för ofta inneburit en teknisk industrialisering, d.v.s. teknikorienterad utveckling av produkten eller produktionsprocessen. Organisatoriska aspekter vid industrialiseringen har inte beaktats i tillräcklig omfattning. Detta är förmodligen en stor orsak till varför byggföretagen inte har fått samma utväxling av sina utvecklingssatsningar som fordonsindustrin. Figur 1 visar fordonsindustrins utveckling de senaste 160 åren.



Figur 1: Fordonsindustrins utveckling under ca 160 år. Sambandet mellan olika typer av produktionssystem och organisationsdesign tydliggörs.

Fordonsindustrin har gått från hantverksbaserad produktion, via massproduktion till dagens mer moderna produktion av ”masskundanpassade” produkter. Det intressanta är att varje paradigmskifte har inneburit kraftiga organisatoriska förändringar, d.v.s. teknik och produktionssystem har utvecklats hand i hand med organisationsstrukturen.

Organisationsstrukturen och produktionssystemet har till uppgift att koordinera företagets alla processer och styra resurserna som utför arbetet så effektivt som möjligt. Vad som är effektivt beror på företagets prioriterade konkurrensfaktorer: produktflexibilitet, produktionskostnad, produktkvalitet och leveranstid. I forskningsprojektet har fokus varit förhållandet mellan produktflexibilitet och produktionskostnad, vilka starkt påverkas av industrialiseringsgraden. I konventionellt byggande har flexibilitet prioriterats och genererar unika byggnader. Det åstadkoms genom att varje produkt eller byggnad utvecklas från grunden för varje projekt. Varje projekt organiseras dessutom annorlunda och bemannas med ny personal och leverantörer. Vi får produktionstopologin<sup>2</sup> ”engineer-to-order” (ETO). I industriella massproduktionssystem är fokus tillverkning av produkter med så låg kostnad som möjligt. Det kräver att en standardiserad produkt och att produktionssystemet utvecklas långt innan företaget mottager en kundorder. Produktionssystemet är designat och förberett för producera den standardiserade produkten, därav kan produktionen ske mot prognos (lager) eller mot en specifik kundorder. En enskild order påverkar alltså inte produktrealisationsprocessens<sup>3</sup> design utan processerna utförs på exakt samma sätt varje gång. Denna produktionstopologi kallas och ”make-standard-products” (MSP). Figur 2 illustrerar de olika produktionstopologierna.



Figur 2: Illustration över de fyra olika produktionstopologierna och i vilken delprocess som en order penetrerar och påverkar utveckling eller konfigurationen av efterkommande processer. Processer före orderpunkten är standardiserade medan processer efter är förbestämda men flexibla för MTO- och ATO-topologierna. För konventionellt byggande (ETO-topologin) utvecklas alla processer när ordern kommer in till företaget.

I dag kan dock många industriella produktionssystem producera kundanpassade produkter. Det innebär att företaget fokuserar på både hög produktflexibilitet och låga produktionskostnader. För att klara detta måste både produktmodellen och produktionssystemet vara utvecklade innan kundordern kommer in till företaget. Produktmodellen måste vara flexibel och kunna generera många produktvarianter. Det åstadkoms genom att alla ingående komponenter är fördefinierade och kan kombineras på olika sätt för att skapa de olika produktvarianterna<sup>4</sup>. Till respektive komponent har även företaget identifierat och utvecklat en tillverkningsprocess. När en specifik order skall produceras ställs produktionsprocessen om för att kunna realisera just den ordern, systemet måste således vara flexibelt. Beroende på i vilken omfattning som produkten kan kundanpassas kommer kundordern innebära konfiguration<sup>5</sup> av produktrealisations-

<sup>2</sup> Produktionstopologi betyder infrastrukturellt mönster för att framställa många produktorder eller projekt.

<sup>3</sup> Produktrealisationsprocessen består av följande delprocesser: utveckling av produkt och produktionsprocess, tillverkning av komponenter, montering, leverans eller lager.

<sup>4</sup> Tänk Lego som består av olika standardiserade legobitar vilket kan skapa väldigt många olika typer av produktvarianter.

<sup>5</sup> Konfigurering innebär val eller anpassning av något förbestämt och befintligt, i detta sammanhang tillverkningsprocessen.

processen från och med i tillverkningsprocessen eller i monteringsprocessen. Därav kallas dessa typer av produktionstoplogier "manufacture-to-order" (MTO) och "assembly-to-order" (ATO).

Vilka företagets strategiska konkurrensprioriteringar är påverkar på ett fundamentalt sätt designen av både organisationen och produktionssystemet. Grunden i industriella företag och produktionssystem är lagring av utvecklad explicit information (eller kunskap) om hur systemet skall realisera produkterna. Den explicita informationen återanvänds på ett repetitivt sätt när produkterna produceras. De flesta hantverksbaserade byggföretag fokuserar på extrem produktflexibilitet om man jämför med industriföretag. Det innebär att för varje projekt eller produktorder måste ny information utvecklas, d.v.s. informationen om vad som skall produceras och hur produkten skall produceras kan inte lagras i organisationen. Av den anledningen går det inte att specialisera organisationen på att göra enskilda arbetsmoment så produktivt som möjligt. Istället måste organisationen designas för att arbetet skall vara så flexibelt som möjligt för att snabbt kunna ställas om för att realisera unika byggnader. Samtidigt blir det väldigt svårt att återanvända informationen i andra projekt.

Det innebär att om ett byggföretags konkurrenskraft förbättras genom industrialisering måste organisationen och produktionssystemet utvecklas eller designas på ett nytt sätt. Kunskapen om varför och hur detta bör genomföras är bristande både inom akademi och i industrin – det försöker denna forskning råda bot på.

## Varför kräver en industrialisering organisatoriska förändringar

För att kunna förklara varför och hur en industrialisering kräver en förändring av ett byggföretags verksamhet måste vi förstå vad en organisation och produktionssystem är och syftar till.

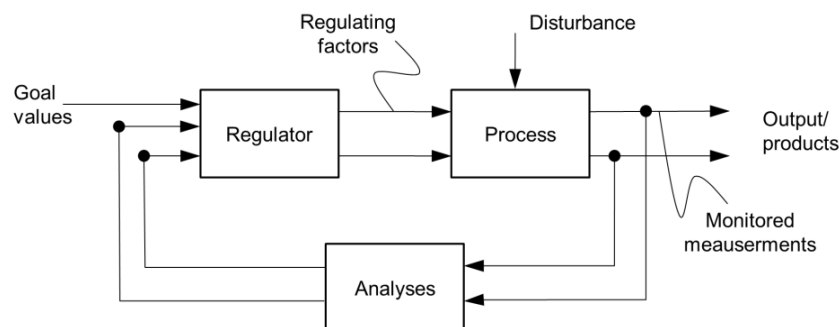
En vanlig definition av organisation är följande:

*Organization is formal structure of planned coordination, involving two or more people who share a common purpose. It's characterized by formal roles that define and shape the behavior of its members. Robbins (2000, p. 2)*

Produktionssystem kan definieras enligt:

*Manufacturing systems management is a functional domain that involves the major activities, such as design, implementation, operations and monitoring, etc., that are needed to regulate and optimize the manufacturing system as it progress through its life cycle. Wu (2001, p. 446)*

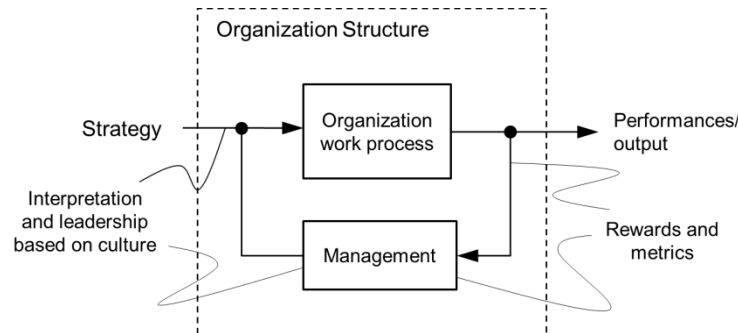
Dessa definitioner tydliggör att organisationsstruktur och produktionssystem syftar till samma sak, nämligen planera, koordinera, styra och optimera det arbete som medarbetarna i verksamheten utför. Det är egentligen bara fokus och perspektivet på arbetsprocessen som är olika. Båda dessa områden bygger på grundteorin om planering, styrning och kontroll<sup>6</sup> d.v.s. reglerteknik eller cybernetik. Denna teori brukar på ett lite förenklat beskrivas enligt figur 3.



Figur 3: Styrteorins slutna kontrollloop som är grunden för att kunna reglera system och processer.

<sup>6</sup> Notera att både organisationer och produktionssystem är socialt konturerade system som syftar till att styra och kontrollera verksamheten mot givna mål.

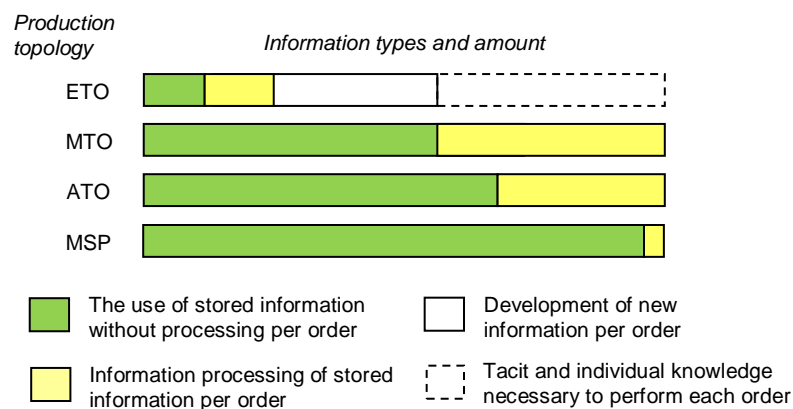
För att fungera måste varje system ett målvärde, en arbetsprocess och utförande resurser. I arbetsprocessen generas en prestation som kan mätas och jämföras med målvärdet. Om prestationen avviker från målvärdet kan den reglerande funktionen korrigera arbetet. Utifrån definitionerna av kan vi anta att både organisationsstrukturen och produktionssystemet måste besitta kontrollteorins funktioner för att kunna styra verksamheten. Figur 4 illustrerar hur centrala funktioner i ett företag har ersatt kontrollteorins funktioner.



Figur 4: De mest centrala delarna i en organisation motsvarar styrteorins beståndsdelar. Organisationsstrukturen spänner upp styrsystemet och placerar respektive beståndsdel på sin plats.

Det intressanta är att för att åstadkomma själva styrningen så används information. Varje beståndsdel i ett styrsystem eller i ett företag består av information, och för att kunna styra arbetet mot ett givet mål, måste de som skall styra verksamheten ha information om respektive del. De måste veta hur respektive funktion fungerar och veta hur t.ex. arbetsprocessen kan regleras för att kunna korrigera den om arbetsprestationen avviker målet.

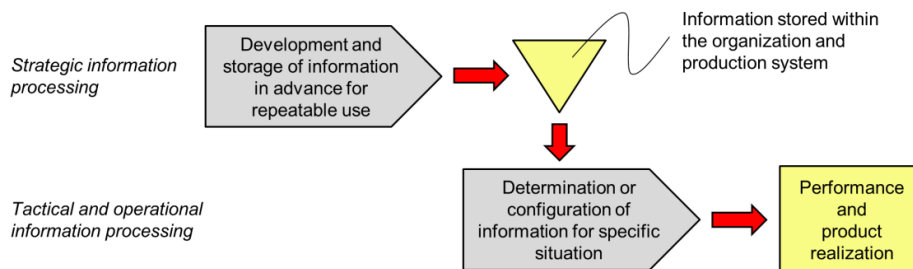
Givetvis ser informationen i företag olika ut beroende på produkttyp, produktionsprocessens design och i vilken omfattning som produkten kan kundanpassas. Desto mer för formaliserad och förbestämd eller standardiserad en verksamhet är ju mer information finns lagrad i organisationen och produktionssystemet för repetitiv användning. Om företaget erbjuder kundanpassade produkter måste den lagrade informationen konfigureras eller utvecklas för respektive produktorder, för att den operativa verksamheten skall få information om exakt vad de ska göras, vilka processer och maskiner som skall användas (se figur 5).



Figur 5: Illustration över den relativa användningen av olika typer av information för varje projektorder.

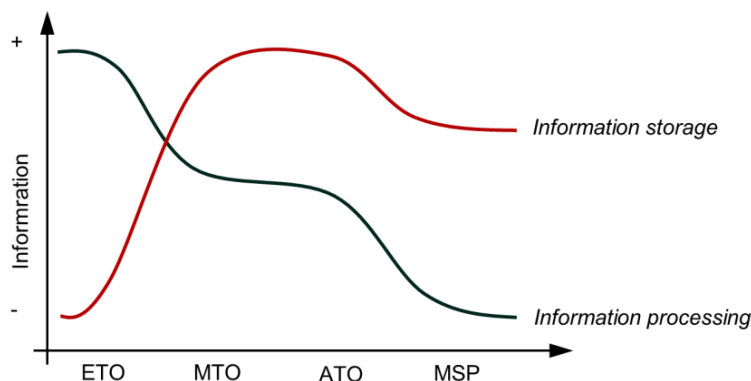
Baserat på detta kan två informationsdimensioner identifieras: informationslagring och information bearbetning. Lagrad information är strategiskt utvecklad information som skall användas repetitivt och kontinuerligt för en mängd olika order eller projekt. Effektivitet åstadkoms genom att använda den lagrade

information för så många produktorder som möjligt. Informationsbearbetning däremot är information som bearbetas eller utvecklas för en order eller ett projekt. I och med att informationsbearbetning förbrukar resurser så är en hög mängd endast fördelaktigt när kunderna är villiga att betala för den extra kostnad som bearbetningen medför. Ofta används strategiskt lagrad information som utgångspunkt när den operativ informationsbearbetning genomförs (se figur 6).



Figur 6: Sambandet mellan strategiskt lagrad information och operativ informations bearbetning.

Beroende på mängden information respektive dimension innehåller, får det avgörande betydelse för hur företagens organisation och produktionssystem bör designas. Anledningen är att beroende på hur respektive beståndsdel i organisationsstrukturen och produktionssystemet har designats hanterar de antingen lagrad information eller bearbetning av information. Slutsatsen är att företags organisation måste vara utformad för att hantera rätt mängd information för att den skall bli effektiv och kunna möta företagets strategiska mål. Figur 7 illustrerar hur företag med olika produktionstopologier, d.v.s. olika industrialiseringsgrad<sup>7</sup>, förhåller sig till mängden information som strategiskt lagras och mängden information som bearbetas eller utvecklas för respektive order. Det förklarar varför konventionella byggföretag som industrialiserar sin verksamhet måste förändra sin organisationsstruktur.



Figur 7: Hur byggföretag med olika produktionstopologi (industrialiseringsgrad) förhåller sig till respektive informationsdimension. Observera att det inte finns något optimum, informationsmängderna är beror framförallt på i vilken grad produkten kan kund- eller projektanpassas.

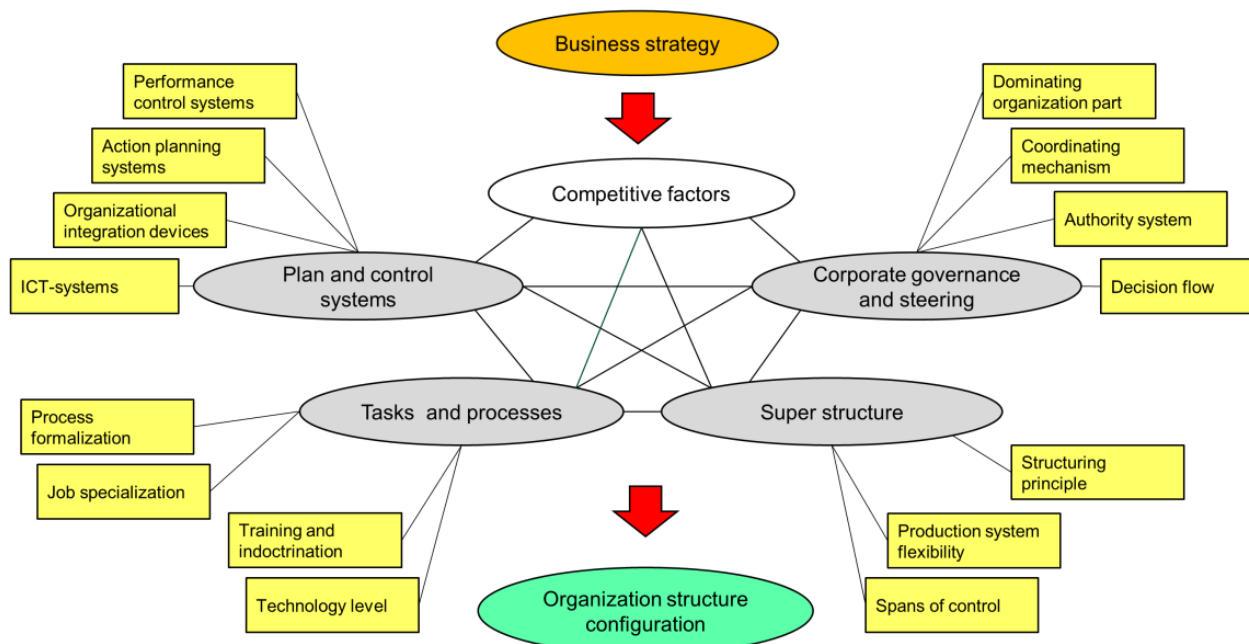
Till exempel, i industriella företag vet alla personer i företaget vad de ska göra, hur de ska göra och när de ska göra något långt innan en produktorder kommer. Om företaget har produktionstopologin MTO eller ATO är företaget organiserat för att både lagra stor mängd information och konfigurera (bearbeta) information för varje kundanpassad order. Därigenom kan verksamheten specialiseras och producera komponenter och produkter väldigt effektivt beroende på att de återanvänder information. I konventionella byggföretag fungerar det annorlunda. Dessa måste bearbeta väldigt mycket information för varje projekt och användningen av lagrad information är väldigt liten. Varje gång ett nytt byggprojekt skall genomföras

<sup>7</sup> Här likställs industrialiseringsgrad med produktstandardiseringsgrad vilket egentligen inte är samma sak.

måste all information utvecklas från början, d.v.s. de har en ETO-topologi. Det handlar om att vad utveckla eller designa det som skall byggas, identifiera hur det skall byggas och bestämma hur organisationen skall se ut för att genomföra arbetet så effektivt som möjligt.

## Hur byggföretag med olika produktionstopologier bör organiseras

Byggföretag som industrialiserar sin verksamhet eller byter produktionstopologi förändrar informationskraven vilket organisationsstrukturen och produktionssystemet måste anpassas till. Forskningsprojektet identifierade fyra huvudelement som utgör organisationsstrukturen, vilka i sin tur består av ett antal underfaktorer (se figur 8). Respektive underfaktor ser lite olika ut beroende på vilken informationsdimension den favoriserar och fokuserar på att hantera. Se avhandlingen för en detaljerad beskrivning av hur respektive under faktorer förhåller sig till de två informationsdimensionerna.



Figur 8: Visualisering av PTO-modellens huvudelement (grå ellipser) och deras respektive underfaktorer. Designen av respektive underfaktor bör korrespondera mot informationsdimensionerna. De olika produktionstopologiernas informationsmängder ger således upphov till olika konfigurationer av organisationsstrukturen. Se tabell 1 på följande sida för hur respektive produktionstopologi förhåller sig till respektive under faktor.

**Corporate governance and steering** handlar om hur företaget koordinerar och styr arbetet för att realisera produkter. Här återfinns olika koordineringsmekaniserna (ömsesidig överenskommelse och standardiserat arbete), auktoritetssystem (selektivt decentraliserat eller begränsad horisontell decentralisering) och olika typer av beslutsflöden (organiskt eller byråkratiskt standardiserat). Vilken del eller funktion av företaget som blir dominerande identifieras också här. Alla företag består av fem olika funktioner (strategic apex<sup>8</sup>, techno structure<sup>9</sup>, supporting staff<sup>10</sup>, middle line management<sup>11</sup> och operating core<sup>12</sup>). Dessa funktioner har olika uppgifter och alla roller i ett företag kan kategoriseras i någon av dessa.

<sup>8</sup> Strategic apex kan likställas med företagets ledningsgrupp.

<sup>9</sup> Techno structure består av roller som arbetar med strategiplanering, konstruktions och processutveckling, förbättring.

<sup>10</sup> Supporting staff inkluderar roller som inte direkt påverkar andras arbete, t.ex. HR, jurister, utbildare, fakturering.

<sup>11</sup> Middle line management är mellanchefsledet som knyter ihop de olika funktionerna i företaget.

<sup>12</sup> Operating core inkluderar roller som säljare, inköpare, hantverkare, montör, kvalitetskontrollant, d.v.s. alla de roller som utför det faktiska arbetet.

Beroende på vilken produktionstopologi företaget har kommer rollerna få olika stort in flytande och placeras på olika ställen i organisationen. Till exempel, techno strukturen som sysslar med konstruktions- och processutveckling sitter i konventionella byggföretag ofta i linjefunktionen (t.ex. projektutvecklare och entreprenadingenjören), medan de i industriella företag kan specialiseras till egna stabsavdelningar. Vidare, i industriella företag innebär detta ofta att mellancheferna kommer fokusera på att konfigurera den lagrade informationen och säkerställa att de framtagna riktlinjerna, instruktionerna och systemen används på rätt sätt som ”techno structure” har utvecklat.

*Super structure* beskriver företagets strukturella indelning och produktionssystemets övergripande form. Här återfinns underfaktorer som struktureringsprinciper (marknadsorientering eller funktionell organisation), organisationsflexibilitetsnivåer, olika typer av produktionslayouter, arbetsflöden, processtyper, placering av kundorderpunkten etc. I detta element blir det tydligt att flexibilitetsgraden påverkar hur genomsyrande företagssystemets transformationsförmåga är och produktionsprocessens principiella organisation före och efter orderpunkten.

*Tasks and processes* beskriver produktionsprocessens natur och hur denna styr resurserna som utför arbetet. Här finns faktorerna som skiljer sig åt beroende på i vilken omfattning företaget arbetar med: processformalisering, arbetsspecialisering (vida eller specialiserade arbetsuppgifter), teknologianvändning (hantverk, maskiner eller robotar), utbildning och kulturell indoktrinering (kompetensnivå). Historiskt har byggandets industrialisering fokuserat på detta element (främst teknologiaspekten) utan större intresse för de andra elementen och underfaktorerna. Men alla element och underfaktorer interagerar och måste stötta varandra för att avsedda effekter skall nås.

Till exempel, detaljrikedomen i den information som utvecklas för varje projekt och byggnad är mindre än om man jämför med den information som utvecklas i industriella företag. Istället förlitar sig byggföretagen på att medarbetare, tjänsteman och hantverkare har tillräcklig kompetens att tolka den övergripande informationen för att utföra sitt arbete. Detta är extra tydligt på operatörsnivå, där byggandets hantverkare har betydligt djupare kompetens än montörer i industrin. En hantverkare tolkar konstruktionshandlingar<sup>13</sup> och bestämmer på eget initiativ hur ett arbetsmoment skall utföras. I industriella företag finns det exakta arbetsinstruktioner<sup>14</sup> för varje arbetsmoment skall utföras och vilka verktyg eller maskiner som skall användas. Så vid en industrialisering av konventionellt byggföretag måste ledning ställa sig frågan hur de skall hantera personalen och dess kompetens.

*Planning and control systems* beskriver de mer aktiva styrningsmetoderna, de andra strukturerna är mer inaktiva och indirekta styrmekanismer. Här återfinns olika typer av planeringsprinciper, ICT-verktyg och olika integrationsmetoder. Dessa är viktiga för att sprida relevant information på ett effektivt sätt inom organisationen när det finns ett behov. Beroende på industrialiseringsgraden är dock behoven olika. I ETO-organisationer skall ny information först utvecklas och sedan kommuniceras inom projektet. När projektet är avslutat används sällan information igen, vilket gör att effektiva kommunikationssystem prioriterar informationsutveckling och snabb överföring av projektunik data (ofta implicit information) mellan individer ett fåtal gånger. I industriella verksamheter utvecklas informationen för att återanvändas repetitivt vid realiserandet av en mängd produkter. Det innebär att systemen prioriterar överföring av standardiserad data repetitivt (explicit information). Under senare år har byggsektorns utvecklingssatsningar fokuserat på den sist nämnda typen av system. Tyvärr har de strukturella förutsättningarna inte beaktats tillräckligt för att få dessa teknologier att verka optimerat (de strukturella förutsättningarna är de tre andra elementen). Tabell 1 summerar den lämpliga designen av underfaktor för respektive produktionstopologi.

---

<sup>13</sup> I jämförelse med industrin är bygghandlingar endast en beskrivning av hur produkten skall se ut beskriver inte hur den skall byggas ihop.

<sup>14</sup> Industrins arbetsinstruktioner beskriver tydligt och exakt hur varje aktivitet för hur ett givet arbetsmoment skall utföras, hur lång tid det tar och hur start och slutläget ser ut. Ofta inkluderas både fotografier och text i dessa instruktioner.



Table 1: Summerande tabell över respektive produktionstopologis lämpliga organisationsstruktur. För djupare beskrivning av vad respektive underfaktor innebär se avhandling.

Mechanism	Engineer-to-order (ETO)	Manufacture-to-order (MTO)	Assembly-to-order (ATO)	Manufacture-standard-products (MSP)
Coordination mechanism	Mutual adjustment	Standardization of work	Standardization of work	Standardization of work
Authority system	Selective decentralization	Limited horizontal decentralization	Limited horizontal decentralization	Limited horizontal decentralization
Decision flow	Organic/adhoc	Bureaucratic standardization	Bureaucratic standardization	Bureaucratic standardization
Dominating organization part	All	Techno structure	Techno structure	Techno structure
Structuring principle	Product market location	Functional	Functional	Functional
System structure flexibility	Transformable system structure	Process structure flexibility	Cell configurability	Operation level
Pre-CODP (Production)	-	-	Standardized process lines/cells	Standardized process lines/cells
OPP/PC-process	Design	Manufacturing	Assembly	Delivery
Post-CODP (Production)	Project/job process, intermittent flow	Flexible production processes/cells	Reconfigurable assembly process/cells.	-
Span of control	Wide	Narrow	Narrow	Wide
Process formalization	Low	Very high	Very high	High
Job specialization	Enlarged job specialization	Horizontal job specialization	Horizontal job specialization	Vertical/Horizontal specialization
Training and indoctrination	Education, apprentice program, socialization of norms	Education, socialization of norms	Education, socialization of norms	Socialization of norms
General technology level	Craft-based technology	Manual operated machines, cells and advance machines,	Manual operated machines, cells and advance machines, robot lines	Manual operated machines, cells and advance machines, robot lines
Performance control systems	High <sup>1</sup>	High <sup>2</sup>	High <sup>2</sup>	High <sup>2</sup>
Action planning systems	Low	High	High	High
ICT-systems	Low	Very high	Very high	High
Integration devices	Very high	High	Medium	Low

<sup>1</sup> In ETO-systems PCS-tools are commonly used for managing projects on operational level.

<sup>2</sup> Industrial firms use PCS-tools for developing strategic and tactic plans, which are complemented with APS-plans at operational level.

## Slutsatser och rekommendationer

Det som händer när ett konventionellt byggföretag industrialiseras är att företaget byter produktionstopologi. Vidare innebär det att mängden information som lagras för repetitiv användning i respektive projekt ökar. Samtidigt reduceras behovet att processa eller utveckla ny information för varje nytt projekt till förmån för informationskonfigurering av lagrad information (se figur 7). Detta ställer helt

andra krav på organisationsdesignen beroende på att lagring respektive bearbetning av information kräver olika organisatoriska mekanismer (se figur 8). Därav bör företag med olika produktionstopologier vara organiserade på olika sätt (se tabell 1). Notera dock att konventionella byggföretag är mycket olika industriella byggföretag därför att de är designade för att utveckla och bearbeta ny information för varje projekt och mängden information som lagrats i organisationen är minimerad. Det intressanta är att detaljrikedomen i den information som utvecklas för varje projekt och byggnad är mindre än om man jämför med den information som utvecklas i industriella företag. Istället förlitar sig byggföretagen på att medarbetare, tjänstemän och hantverkare, har tillräcklig kompetens att tolka den över övergripande informationen för att utföra sitt arbete (se figur 5).

I transformeringen av konventionellt mot ett industriellt byggande ligger en stor del av utmaningen att motivera operativa personalen att alltid arbeta efter de nya instruktionerna. Även på lednings- och stabsnivå innebär industrialiseringen förändringar. Medarbetare som arbetar med utveckling får mer inflytande i och med att det är dessa som utvecklar den information som skall användas i projekt efter projekt, t.ex. produktplattformar, processer, kontroll- och produktionsstyrningsmetoder. Det innebär också att företagets mellanchefer kommer fokusera mer på konfigurera den lagrade informationen och säkerställa att de framtagna riktlinjerna, instruktionerna och systemen används på rätt sätt.

Kort sagt skall ett konventionellt byggföretag transformeras till att bli ett effektivt industriellt byggföretag måste ett helhetsperspektiv användas. I princip alla delar bör ses över och det stora flertalet utvecklas till att bli mer dedikerade och specialiserade till utvalda processer. Det är specialiseringen som är kärnan i industrialiseringen, så att varje arbetsmoment kan göras mer produktivt. Konsekvensen blir dock att majoriteten av de traditionella rollerna måste förändras och omlokaliseras i organisationsstrukturen. Lednings- och styrsystemen måste utvecklas till att premiera repeterbarhet utan unika projektoptimeringar som leder till suboptimeringar för företaget som helhet.

### **Förslag på praktisk användning av forskningsresultaten<sup>15</sup>**

Den framtagna PTO-modellen pekar ut viktiga organisatoriska faktorer att beakta vid industrialisering. Dessa aspekter kan fungera som en vägledning för hur företaget skall utvecklas beroende på vilken typ av produktionstopologi byggföretagets industrialiseringsstrategi avser åstadkomma. Vidare skulle faktorerna i tabell 1 kunna användas för att analysera huruvida ett företags befintliga organisation är lämpligt utformad för sin strategi eller topologi eller ej.

PTO-modellen bygger på de två grundläggande informationsdimensionerna: lagring och bearbetning (se figur 6). Förstås innebörden av dessa kan utvecklare inom byggföretag räkna ut vilka organisatoriska förutsättningar olika tekniska förbättringssatsningar kräver för att fungera, t.ex. plattformar, BIM och Lean Construction. Det kommer med stor sannolikhet påverka förändrings- och implementeringsarbetet i positiv riktning.

### **Förslag på framtida forskning och utveckling**

PTO-modellen ger ett bra avstamp för ytterligare forskning och utvecklingsprojekt som tydliggör kopplingen mellan organisation, produktion, produkt och teknik. Avhandlingen har identifierat organisatoriska skillnader mellan olika typer produktionstopologier på generell basis. Dessa skillnader kan ligga till grund för fortsatta studier och mer fokuserat arbete på specifika implementeringsprocesser beroende på vilken produktionstopologi och vilken teknik som används. Vidare bör organisationsdesignen inom respektive topologi nyanseras beroende på den produktionsteknik och produktstruktur som används.

Avhandlingen erbjuder också en ”nyckel” för att relatera teori för det industriella paradigmet till byggandets situation. Både akademi och industri uppmanas till att söka inspiration för utveckling från

---

<sup>15</sup> Användningen kan dock kräva att djupare kunskap om PTO-modellen än vad denna summering erbjuder, fördjupning finns i doktorsavhandlingen.

andra branscher. Det hjälper till att studera byggandets vedertagna sanningar förutsättningslöst som i många fall hämmar fortsatt utveckling. Till exempel, normen inom byggandet är att varje byggprojekt är unikt, vilket leder till fokus på olikheter framför likheter mellan projekt. Det får givetvis konsekvenser för hur utvecklingen skall genomföras och i vilken omfattning förbättringar appliceras. Skulle vi däremot leta efter likheter mellan projekten skulle det se helt annorlunda ut.

I byggsektorn finns det en överdriven tro att man förstår produktionen. Jämförs kunskapsnivån inom byggandet med verkstads- och fordonsindustrins är detta antagande felaktigt. I industrin är detaljkunskapen betydligt djupare både inom forskningen och i företagen, t.ex. gällandes förbättringsfilosofi, standardisering, modularisering, produktionsmetoder, planerings- och produktionsstyrningsmetodik. Med djupare produktionskunskap kunde kanske diskussionen om hur produktivitet utveckling åstadkoms nyanseras och verkligen bidra till ökad produktivitet, istället för att mer eller mindre vara ett försvar till varför den är som den är i förhållande till andra industrisektorer.

Med utgångspunkt i ett företag efterlyses mer helhetsorienterad forskning och utveckling. Ett enskilt företag kan inte ansvara för att effektivisera eller industrialisera hela byggprocessen som inkluderar många externa aktörer. Ett företag kan bara ansvara för att utveckla de processer som de själva äger. Men samtidigt är kunskapen om hur alla delar påverkar varandra bristande, inte minst när det gäller implementering av nyutvecklade teknologier och arbetsmetoder. Det behövs mer forskning som knyter ihop företags alla delar för att förstå hur en teknologidrivna effektivisering påverkar företags affärsmodell, kundanpassningsgrad, produktmodell, produktionssystem, organisationsstruktur, operativa styrningen, ledarskapet, personalens kompetens och kulturen.