



## Förord

Denna rapport sammanfattar vårt arbete *Systematisk kravhantering inom byggbranschen*. Vi vill i detta förord ödmjukt tacka alla som engagerat sig i arbetet, de som bidragit genom att dela med sig av sin kunskap om olika mjukvaror, om kravhantering i byggbranschen och mycket annat, samt till de som deltagit engagerat i referensgruppsmöten och i våra workshopar.

Eftersom projektet har varit utsträckt i tid har medlemmar i arbetsgruppen bytts ut eller fått nya roller att verka utifrån. Utvecklingen i omvärlden har definitivt inte stått still, utvecklingen kring digitalisering i byggbranschen har tagit sig ett rejält kliv framåt och AI gjort sitt inträde i våra (arbets-) liv, samtidigt som Boverket nu utmanar branschen med ett förslag till helt ny regelmodell, Möjligheternas byggregler. Klimatmålen har rättmätigt fått än mer fokus i branschen vilket avspeglar sig i kravmassa. Allt detta behöver navigeras i en för tillfället nedgående byggtrend, vilket betonar hur det är alltmer viktigt att kunna hantera alla krav på ett kvalitetssäkert och effektivt sätt. Det är spännande att vara kravhanterare i detta böljande landskap!

Ett stort tack till vår branschgemensamma referensgrupp som kommit med mycket värdefull input från branschen. Ett stort tack till alla er som har bidragit under projektets gång, antingen i styrgrupp, referensgrupp eller som deltagare på workshops: Thomas Olofsson (LTU), Maria Rentch-Jonas (ÅF), Max Bergström (Peab), Tomas Shisha (Peab), Ing-Marie Jirblom (Wästbygg), Johan Kvick (Wästbygg), Claas Wallin (Wästbygg), Tord Ringenhall (Taipuva), Stephen Burke (NCC), Peter Brander (Boverket), Alex Yazdani (BIMformation), Helen Magnusson (Installatörsföretagen) och Terese Kuldkepp (Installatörsföretagen), Joakim Jeppsson (Skanska/Jeppsson Consulting Ltd), Mattias Wäppling (Trafikkontoret Stockholm) och Väino Tarandi (Smart Built Environment). Från Skanska Sverige har Ulf Persson, Fredrik Jansson, Sven Junkers, Martin Hörestrand, Birger Sundström, Mia Rodrick, Christer Burman, Ronny Wahlström, Lars-Åke Andersson, Carola Joelsson, Olof Pauli, Henrik Gustavsson, Thor Assarsson, Björn Nyman, Sanna Lynghed och Mikael Kelfve bidragit med sitt engagemang och klokskap till projektets resultat. Vi har också haft förmånen att få tillgång till fler kunniga människor, ett stort tack till Nicolas Alvéen (Nicolai Developement), Jan Olof Edgar och Klas Eckerberg (båda på Svensk Byggtjänst), Linus Josefsson, Andreas Gaarder och Gunilla McLeod (Taipuva), samt Robert af Wetterstedt och Ulf Bergwall (SBE projektet Systematisk kravhantering av hållbarhetskrav för hela byggprocessen) för er input.

Projektet har finansierats av Formas (Formas 2020-0937), och SBUF (SBUF 13973, SBUF 14034) samt av medverkande företag. Ett stort tack för att ni möjliggjort detta projekt.

Sist men absolut inte minst ett tack till Björn Berggren, som under sin tid på Skanska har initierat detta projekt och entusiasmerat oss alla till bättre kravhantering.

Systematisk kravhantering är roligt!

Januari 2024

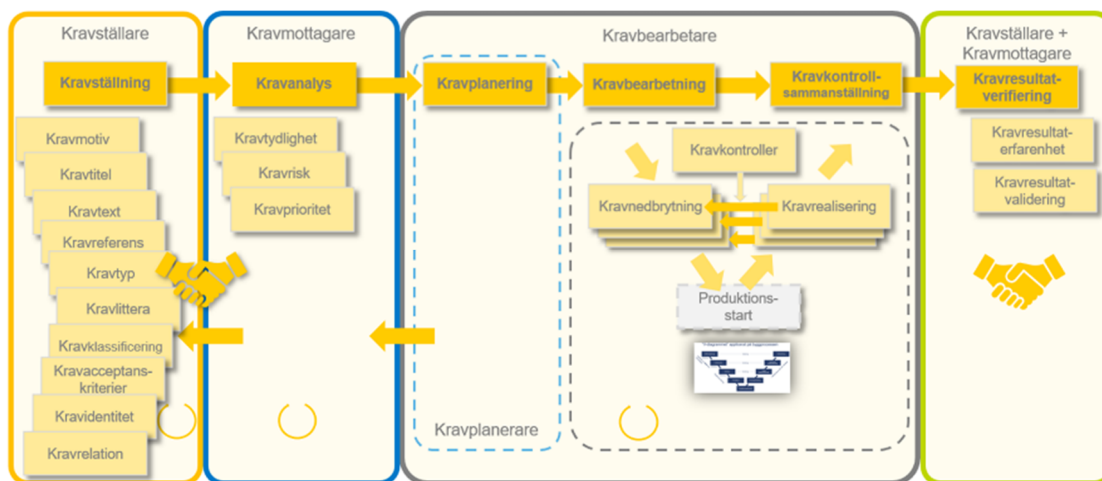
Författarna

## Sammanfattning

Det finns en potential för ökad effektivitet och minskade kvalitetsbristkostnader i byggbranschen genom systematisk kravhantering. En framtida vision är ett systemstöd som följer genom hela processen och hanterar krav från kravidentifiering till validering, där krav hela tiden är kopplade och spårbara. Utifrån denna vision har detta projekt genomförts med syfte till att vara ett delsteg med två projektmål:

1. Utarbeta en för byggbranschen praktiskt anpassad modell för systematisk kravhantering inom husbyggnad. En rimlig och funktionell nivå för kravnedbrytning identifieras.
2. Studera funktionalitet och kompatibilitet hos arbetssätt och systemstöd genom att implementera i ett pilotprojekt inom husbyggnad.

Inom forskningsprojektet *Systematisk kravhantering inom byggbranschen* har ett förslag till arbetssätt tagits fram. Centralt i kravprocessen är *Gula kartan*, se Figur 1, samt den tillhörande Ordlistan, se bilaga. Det grundläggande arbetet bedöms vara något av det viktigaste och en gemensam terminologi skapades tillsammans med en tydligt definierad kravhanteringsprocess, båda förankrades i branschen genom workshops. Gemensam bild av process och terminologi bidrar till en ökad förståelse, vilket bedöms vara en grundbult i lyckad kravhantering. Arbetssättet beskrivs i kapitel 2.



Figur 1: Kravprocess för systematisk kravhantering i byggbranschen, även kallad "Gula kartan".

En teoretisk fördjupning har genomförts inom tre relevanta teoretiska fält; Axiomatisk design, Systems engineering och Requirements management. En kombination av dessa modeller och metoder bidrog till den framtagna kravhanteringsprocessen. Beskrivningen av nivåer för systematisk kravhantering har i detta projekt visat att en hierarkisk nedbrytning av krav på produkten inte är tydlig och heller inte heller en ren klusterorienterad kravnedbrytning. Resultat från projektet visar på en kombinerad nedbrytning.

En rad olika kravaktörer identifierades som aktiva i olika skeden i byggprocessen, och med olika förväntade nyttor av en mer systematisk kravhantering. Det identifierades att insatsen för den systematiska kravhanteringen och nyttan av densamma inte nödvändigtvis uppkommer samtidigt eller för samma aktör. En branschgemensam process och terminologi kan överbygga denna problematik.

Nytta med kravpaketering identifierades, där olika typer av intressanta kravpaket identifierades: Funktion, Certifiering, Produkttyp, Delprodukttyp, Byggdel och Process. Dessutom identifierades att uppdelning kan göras på olika nivåer (nyttoägare): Projekt-specifikt, Företagsspecifikt eller Branschspecifikt. Ju högre nivå desto större potentiell nytta men också desto svårare att utveckla och förvalta. Kontraktsformuleringen skulle kunna vara en Kravdatabas, helt eller delvis, så att dokumentfloran och formuleringar konkretiseras till en databas som också ger hjälp till hanterbar kravhantering och tydliggörande av kravrelationer.

Angående mjukvaror, identifierades det tidigt i utvecklingsprojektet att det viktigaste var att identifiera arbetssätt för att utifrån detta kunna sätta upp en kravställning på mjukvaror. Utifrån den framtagna kravprocessen identifierades möjliga mjukvaror och dessa testades utifrån hur väl de stöttade processen. Excel bedömdes som vanligt, men inte stödjande. Fyra mjukvaror med potential att stödja arbetet på olika sätt var Polarion, Relatics, ContechOS och Apricon.

För att testa kravprocessen i ett riktigt byggprojekt, initierades ett pilotprojekt med syfte att vara representativt för byggbranschen. I detta har vi jobbat med en agil, bottom-up liknande metod, där fokus låg på att tillsammans med pilotprojektet identifiera kritiska krav och sedan strukturerat följa dessa genom projektet. Viktiga verktyg var Workshop kravförslag och den Visuella kravtavlan som användes för kommunikation, kravprecisering, kravverifikation samt dokumentation.

Via enkäter i pilotprojektet formulerades och värderades nyttor i termerna funktionalitet, komparabilitet och effektivitet. De visade på att den valda processen med täta och korta kravhanteringsmöten, spridd ansvarsfördelning och hjälpmedlet Visuell Kravtavla både fungerade väl och upplevdes mer effektivt än traditionella metoder. Det hjälpte också att tydliggöra verifieringen vid tidigare tidpunkt än normalt – en tryggare slutbesiktning. Avseende komparabilitet så var det få konstigheter eftersom metoderna var kända från projekteringsamordningen, dvs ICE-möten (VDC, Integrated Concurrent Engineering) vilket kan översättas till "skapa gemensam verkstad för problembild och -lösning". Arbetet i projektet har varit mycket lärorikt. Ett antal områden identifierades som centrala förutsättningar (rimlig arbetsinsats, nytt mindset, ägandeskap, förvaltning), möjliggörare (AI, digitalisering, mjukvara), kravreflektioner (kravens kvalitet, kravnedbrytning och -paktering, byggregler) samt två faktorer som är viktiga att beakta (innovation, klimat).

Slutsats är att det går att skapa en mer systematisk kravhantering i byggbranschen. Den kraft som digitaliseringen innebär förväntas möjliggöra övergången till mer systematisk kravhantering, samtidigt som övergången till än mer uttalade funktionskrav genom Boverkets Möjligheternas byggregler kommer att göra övergången till en nödvändighet. Från vårt arbete i *Systematisk kravhantering för byggbranschen* kan vi konstatera att:

- Systematisk kravhantering med inspiration av Systems engineering enligt i denna rapport presenterat förslag bedöms ha en potential att skapa effektivare och säkrare kravhantering.

- Föreslagen kravhanteringsprocess har bedömts möjlig att implementera i ett byggprojekt, och där upplevts skapa nyttor. Bland annat kontinuerliga och korta kravhanteringsmöten och visuell kravtavla har bedömts positivt.
- Digitaliseringen och AI är en möjliggörare för att öka effektiviteten. I dagsläget bedöms utvecklingen ha gått så långt att det finns stöd i branschen att införa systematisk kravhantering. Föreslagen kravprocess bedöms möjlig att använda som underliggande modell.
- Systematisk kravhantering kommer innebära behov av förändring. Branschaktörer behöver vara beredda att släppa mindsetet att en manuell hantering är möjlig, och att istället kunna lita på de digitala verktygen. I detta finns både en utveckling av process och verktyg, men även en mycket viktig lärande process.
- Branschen har en möjlighet att omformulera kontraktens krav, helt eller delvis, till konsekvent formulerade kravdatabaser. Därmed minskas löptextformuleringar.

Vidare har några nycklar till effektiv kravhantering i framtiden identifierats i form av digitala verktyg, relativa grafdatabaser och inte minst AI-verktyg.

# Innehåll

<b>1</b>	<b><i>Inledning</i></b>	<b>1</b>
1.1	Bakgrund	1
1.2	Syfte	2
1.3	Avgränsningar	2
1.4	Förväntade resultat och effekter	2
1.5	Projektupplägg	2
1.6	Rapportupplägg	3
<b>2</b>	<b><i>Kravhanteringsprocess och terminologi - Förslag till branschen</i></b>	<b>4</b>
2.1	Kravprocessen	4
2.1.1	Roller i kravprocessen	5
2.1.2	Kravnedbrytning baserat på v-modellen	6
2.1.3	Verktyg och processtöd	6
2.2	Nyttor – skeden, aktörer och ägarskap	8
<b>3</b>	<b><i>Resultat</i></b>	<b>11</b>
3.1	Teoretisk bas	11
3.1.1	Teoretiska möjligheter och utmaningar för industrin	12
3.2	Kravnedbrytning och kravpaketering	12
3.2.1	Kravnedbrytning	13
3.2.2	Möjligheter med kravpaketering	13
3.3	Verktygsstöd och mjukvaror	14
3.4	Erfarenheter från pilotprojekt	16
3.5	Sammanfattning av slutworkshop	18
<b>4</b>	<b><i>Diskussion</i></b>	<b>19</b>
4.1	Reflektioner utifrån genomfört arbete	19
4.2	Reflektioner i projektet	21
4.3	Förväntade branschförändringar som påverkar kravhantering	21
4.3.1	Förväntade regelförändringar som påverkar kravhantering	22
<b>5</b>	<b><i>Slutsatser</i></b>	<b>24</b>
5.1	Behov av fortsatt arbete	24

# 1 Inledning

Detta inledande kapitel innehåller bakgrund, syfte, avgränsningar, förväntade resultat, projektupplägg och rapportupplägg.

## 1.1 Bakgrund

Ofta jämförs byggbranschen med andra branscher, som till exempel bilindustrin, i syfte att visa olika skillnader (och inte sällan tillkortakommanden). Det kan röra sig om kvalitet, produktivitet eller arbetssätt. Ett arbetssätt som har lyfts upp är kravhanteringen inom byggbranschen och möjligheterna till att föra in systematisk kravhantering med inspiration från exempelvis läkemedelsindustrin. Det har diskuterats med syfte att både stärka kvalitetsarbetet och sänka kostnaderna för byggbranschen. Det noterades dock att det finns begränsad kunskap och erfarenhet om systematisk kravhantering i byggbranschen och med detta som bakgrund initierades en förstudie *Systematisk kravhantering i byggindustrin, SBUF 13361* (Strand & Svensson Tengberg, 2019) som genom intervjuer och litteratur sammanfattade stora potentiella fördelar med hänsyn till dagens komplexa byggprojekt. Det konstaterades finnas potential att hämta arbetssätt från andra branscher men dessa behöver anpassas till byggbranschens struktur för att vara möjligt att implementera och för att ge en kostnads-effektiv process. Förstudien svarade på tre frågor:

1. **Vilka hinder/möjligheter finns det i dagens byggprojekt (hus) för att använda systematisk kravhantering?** Vad gäller möjligheterna anses systematisk kravhantering kunna bidra till bättre kvalitet, högre effektivitet och större kundnöjdhet genom bättre erfarenhetsåterföring och spårbarhet i färdig produkt, genom att krav inte "tappas", genom att kopplingar mellan krav förtydligas, genom bättre ändringshantering och sökbarhet. En mer aktiv kravhantering förväntas också ge ökat engagemang från byggherrar och därmed större kundnöjdhet. Genom "standardkravpaket" förväntas kravhanteringen kunna effektiviseras. Vad gäller hinder finns det en rädsla för att en systematisk kravhantering riskerar bli "för tung" och därmed kostsam och bidra till ökade byggtider. Att bilden av vad som avses vara systematisk kravhantering är splittrad är ett hinder för implementering. Den komplexa kravbilden och organisationen förväntas också innebära omfattande förändringar och kostnader för byggbranschen. Slutligen kommer en systematisk kravhantering att ställa högre krav på samarbete och på kraven och därmed kravställaren.
2. **Hur arbetar branschen idag? /Vilka befintliga mjukvaror och arbetsmetoder finns för systematisk kravhantering idag?** Det finns ingen branschgemensam implementerad systematisk arbetsprocess för kravhantering genom hela byggprocessen. Det finns företagsspecifika processer, men implementeringen varierar. Endast i enstaka projekt används systemstöd för hela processen. Sökbarhet och kopplingar mellan krav saknas ofta. Dock finns exempel på applikationer för delar av processen, ex.: Rumsfunktionsapplikationer, Fråga-svar applikationer, Besiktningssapplikationer. Egenkontroller och besiktning utgör oftast uppföljningen, speciellt om krav är mindre tydliga/mätbara.
3. **Hur hanteras systematisk kravhantering i andra branscher?** I många andra branscher finns systematiska arbetssätt och mer uttalade resurser för systematisk kravhantering. Tydlig spårbarhet, kopplade krav och fokus på hur krav ska verifieras.

## 1.2 Syfte

En framtida vision för *Systematisk kravhantering i byggbranschen* är ett systemstöd som följer genom hela processen och hanterar krav från kravidentifiering till validering, och där krav hela tiden är kopplade och spårbara. Hela projektets syfte är att öka effektiviteten och minska kvalitetsproblem genom att bidra till att systematisera kravhantering i byggbranschen genom att:

1. utarbeta en för byggbranschen praktiskt anpassad modell för systematisk kravhantering. En rimlig och funktionell nivå för kravnedbrytning identifieras.
2. studera funktionalitet och kompatibilitet hos arbetssätt och systemstöd genom att implementera i ett pilotprojekt.

## 1.3 Avgränsningar

Detta arbete avser endast husbyggnad, med fokus på nybyggnad. Avgränsningen har gjorts med hänsyn till skillnader i projektstruktur (bl.a. fragmentering, storlek, resurser, aktörer) som finns mellan infrastrukturprojekt och husbyggnadsprojekt.

## 1.4 Förväntade resultat och effekter

Kravhanteringen i byggbranschen är idag fragmenterad, speciellt inom husområdet. Bland annat byggherrar, flera olika entreprenörer, konsulter och fastighetsförvaltare hanterar krav genom processen, ofta med olika verktyg och fokus. Samtliga dessa involverade aktörer förväntas vinna på en systematisk kravhantering med informationsöverföring genom processen.

Tillämpas metodiken tidigt i byggprocessen skapas en effektivare myndighetsprocess, offentliga beställare får en struktur för att ställa och följa upp exempelvis sina hållbarhetskrav, energikrav etc. Minskade kvalitetsbristkostnader är samhällsekonomiskt gynnsamt och hållbarhetsmässigt viktigt. Jämförelse kan göras med våra miljöcertifieringssystem som är en typ av systematisk kravställan och som lett till byggnader med bättre miljö-, energi- och hållbarhetsprestanda genom tydliga, uppföljda krav.

Transparens av det här slaget gynnar dessutom konkurrensen och skapar samhällsnytta, exempelvis genom mer byggnad för pengarna.

## 1.5 Projektupplägg

Projektet delas upp i fem arbetspaket. Se även Figur 2.

1. **Förtydligande av ägandeskap/process avseende kravhantering.** Arbetet syftar till att tydliggöra intressenter, vem som bör/kan arbeta med kravhantering i byggprocessens olika skeden och hur informationen flödar mellan olika skeden och intressenter. Att tydliggöra och förankra processen och aktörernas roll utgör grund för arbetet.
2. **Praktisk och funktionell nivå för Kravpaketering / Kravnedbrytning** med syfte att ta fram strukturer/exempel på hur funktionskrav bryts ned till verifierbara del-/produktkrav samt förslag på lämplig verifiering.



3. **Möjliga mjukvaror och verktygsstöd**  
Syftar till att undersöka mjukvaror och verktygsstöd som kan stödja systematisk kravhantering.
4. **Implementering av föreslagna arbetssätt i pilotprojekt**, syftar till att prova och utvärdera resultaten från föregående arbetspaket; ägandeskap/process, kravpaket och mjukvaror
5. **Utvärdering av erfarenheter och förslag till arbetssätt i branschen**, syftar till att utifrån de olika arbetspaketen sammanfatta möjligt fortsatt praktiskt arbetssätt i branschen.



Figur 2: Projektet är uppdelat i totalt fem arbetspaket.

## 1.6 Rapportupplägg

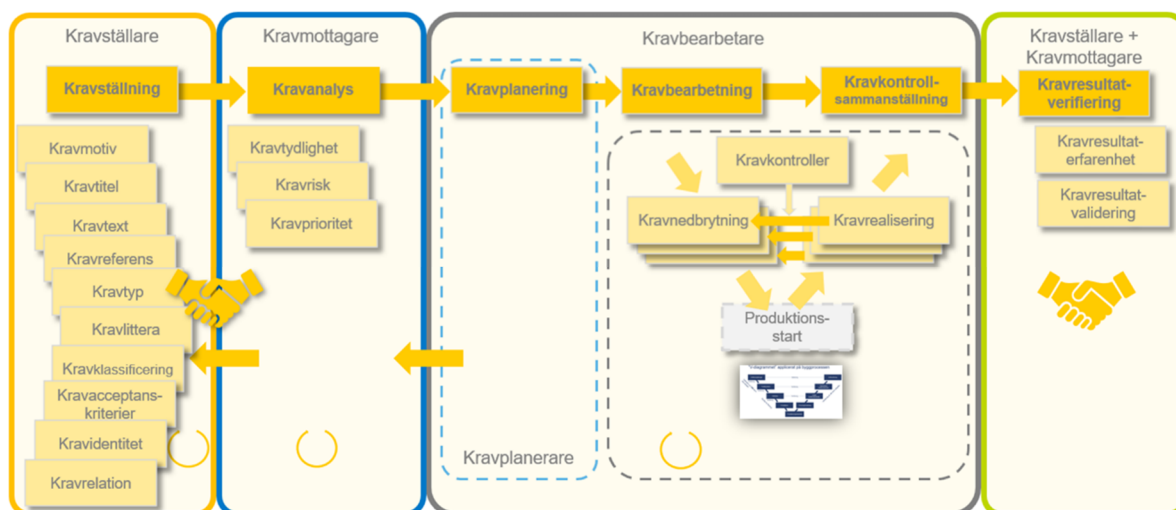
Denna rapport är en sammanfattande rapport kring arbetet *Systematisk kravhantering inom byggindustrin*, där det föreslagna arbetssättet beskrivs i kapitel 2, Kravhantlingsprocess och terminologi. I kapitel 3 beskrivs arbetet inom varje arbetspaket separat, men med gemensam diskussion (kapitel 4) och slutsatser (kapitel 5). Arbetspaketet redovisas mer utförligt i redan publicerade white papers, vilka återfinns som bilagor. En tidigare delrapport innehåller mer detaljer kring inledande workshopsarbete (Svensson Tengberg & Graham, 2021).

## 2 Kravhanteringsprocess och terminologi - Förslag till branschen

Systematisk kravhantering bör omfatta aktiviteter för att systematiskt identifiera, bearbeta, kontrollera samt dokumentera och tillgängliggöra spårbara krav genom byggprojekt, från idé till förvaltningskedje. Här presenterar vi ett övergripande förslag till branschen. Processen har en förankring i den teori som beskrivs i avsnitt 3.1 och är inspirerad av Systems engineering. En översikt av kravhanteringsprocessen och terminologin redovisas i ett white paper samt i en ordlista, se bilaga *White paper 1: Introduktion kravprocess och terminologi* respektive bilaga *Ordlista*.

### 2.1 Kravprocessen

Den centrala delen i den föreslagna kravprocessen har fått namnet Gula kartan, se Figur 3. Genom att följa processen förväntas kraven i ett byggprojekt hanteras på ett bättre sätt. Framförallt förväntas otydligheter tidigare och lättare identifieras och därmed åtgärdas effektivare. Gula kartan förväntas stödja dialogen mellan kravställare och kravmottagare för att motverka otydligheter.



**Figur 3: Kravprocess för Systematisk kravhantering i byggbranschen "Gula kartan". De mörkgula rutorna beskriver processtegen. De ljusgula rutorna underaktiviteter. För varje processteg finns en ansvarig.**

Gula kartan innefattar sex processteg för att beskriva arbetet. Inom varje processteg finns underaktiviteter. För varje steg finns en ansvarig.

1. **Kravställning:** Kravställare bereder kraven för att kunna överlämna dem till kravmottagaren. Kravställaren är ansvarig för aktiviteten och beskriver kraven i kravkort med fasta underrubriker, dvs. metadata som ska inkluderas.
2. **Kravanalys:** Kravmottagaren genomför sedan kravanalys med mål att säkerställa att erhållna krav är tydliga krav, i formulering och verifiering. Kravanalysen används som underlag för att komma överens med kravställaren om tydliga och verifierbara krav i projektet. Ett resultat av kravanalysen kan vara att kravställaren behöver komplettera eller förtydliga ställda krav. Kravmottagaren är ansvarig för aktiviteten.
3. **Kravplanering:** Kravplanering omfattar förberedelser för kravhantering för att nå ett verifierbart kravresultat. I planeringen ingår även identifiering och

planering av genomförande av kravnedbrytning. Kravplaneringen inkluderar bemanningen och här kan arbetet med kravnedbrytning också delegeras inom projektet. Kravplaneraren ansvarar för aktiviteten.

4. **Kravbearbetning:** Kravplaneraren bedömer om ytterligare bearbetning behövs. Om krav är konkret, tydligt uttryckt och innehåller tydlig beskrivning av verifiering, kan bedömning göras att ingen kravnedbrytning behövs och krav kan gå direkt till kravresultat. I annat fall går kravet till kravnedbrytning. I annat fall bearbetas kravet så att ett krav (på högre abstraktionsnivå) bryts ned i ett eller flera steg till verifierbara delar som sedan entydigt kan verifieras enligt uppställda kriterier. Se mer utförlig beskrivning i V-modellen, se avsnitt 2.1.2. Kravbearbetaren ansvarar för kravbearbetningen.
5. **Kravkontroll, sammanställning:** Om ingen kravnedbrytning gjorts är kravkontrollen konkret, med ett kravresultat för respektive krav. I annat fall genomförs kravkontrollsammanställningen som en sammanställning av alla nedbrutna kravs kravkontroller. Materialet från kravkontrollsammanställningen används som underlag till verifieringen av kravresultat. Ansvarig för aktiviteten är kravbearbetaren.
6. **Kravresultatverifiering:** Verifiering av kravresultat avser jämförelsen av resultaten i kravkontrollsammanställningen mot kravacceptanskriterierna. Detta svarar på frågan "Är saken rätt byggd?". Verifieringen av kravresultat innebär att kravställare och kravmottagare är överens om att leveransen i sin helhet uppfyller kravställan, alternativt att kravställare accepterar avvikelser. Ansvarig för verifieringen av kravresultat är kravmottagaren, och den beslutas (godkänns) av kravställaren.

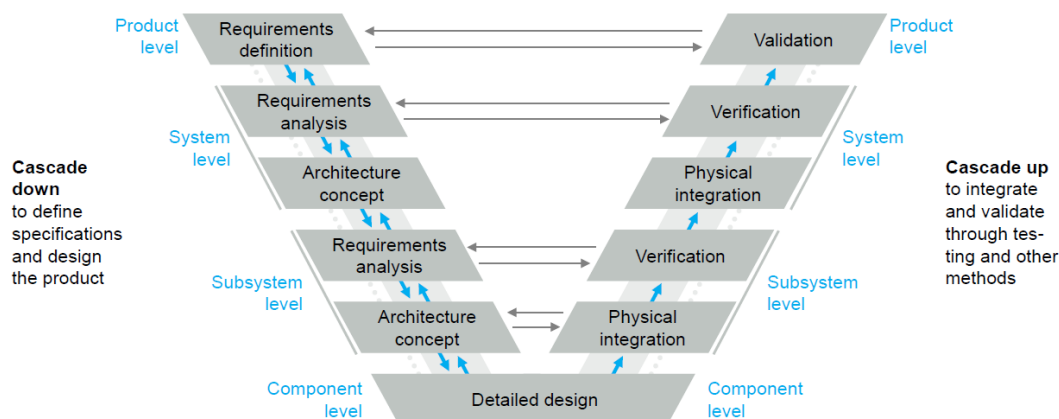
### 2.1.1 Roller i kravprocessen

I beskrivningen av steg i processen har också förslag till relevanta roller identifierats:

- **Kravställare:** Kravställare är den intressent som ställer kravet i projektet, och ansvarar för att formulera kravet entydigt och uppföljningsbart.
- **Kravmottagare:** Kravmottagare är den part som mottar kravet från kravställaren och som ska verkställa kravet. Kravmottagaren ska godkänna kravet och behöver vid mottagandet bedöma om kravet innehåller erforderlig data, är entydigt och uppföljningsbart. I praktiken kan kravmottagaren också behöva utföra ett arbete för att identifiera de krav som gäller i arbetet, s.k. kravfångst.
- **Kravplanerare:** Kravplaneraren kravarbetet genom processen. Kravplaneraren kan vara samma person som kravmottagaren.
- **Kravbearbetare:** Kravbearbetaren är den som arbetar med kravet för att få adekvat upplösning av både krav och uppföljning. Kravbearbetaren kan vara samma person som kravmottagaren.
- **Kravrapportör:** Kravrapportören utför eller sammanställer kravresultatkontroller som underlag till verifiering av kravuppfyllnad.
- **Kravresultatverifierare:** Kravresultatverifieraren bereder underlaget för verifiering av kravuppfyllnad. Denne tar, med hjälp av all genomförd dokumentation, fram ett underlag för beslut om att godkänna kravuppfyllnad i projektet.

## 2.1.2 Kravnedbrytning baserat på v-modellen

Kravnedbrytningen i avsnitt 2.1 baseras på systems engineering och v-modellen. V-modellen kan ses som en visualisering av utvecklingen i ett komplext system, där vänstra benet är kravställning (specifikation av tekniken) och högra benet är uppbyggnad (verifikation av resultaten), se Figur 4. V-modellen beskrivs utförligare i ett white paper, se bilaga *White paper 2: Teoretisk bas för kravprocessers tillämpning*. Arbetssättet skapar en transparent nedbrytning av kraven, och möjliggör en tydlighet i krav och dess acceptanskriterium, på olika detaljeringsnivå.



Figur 4: V-modellen för kravnedbrytning för produktverifiering, (Felip et al. 2017).

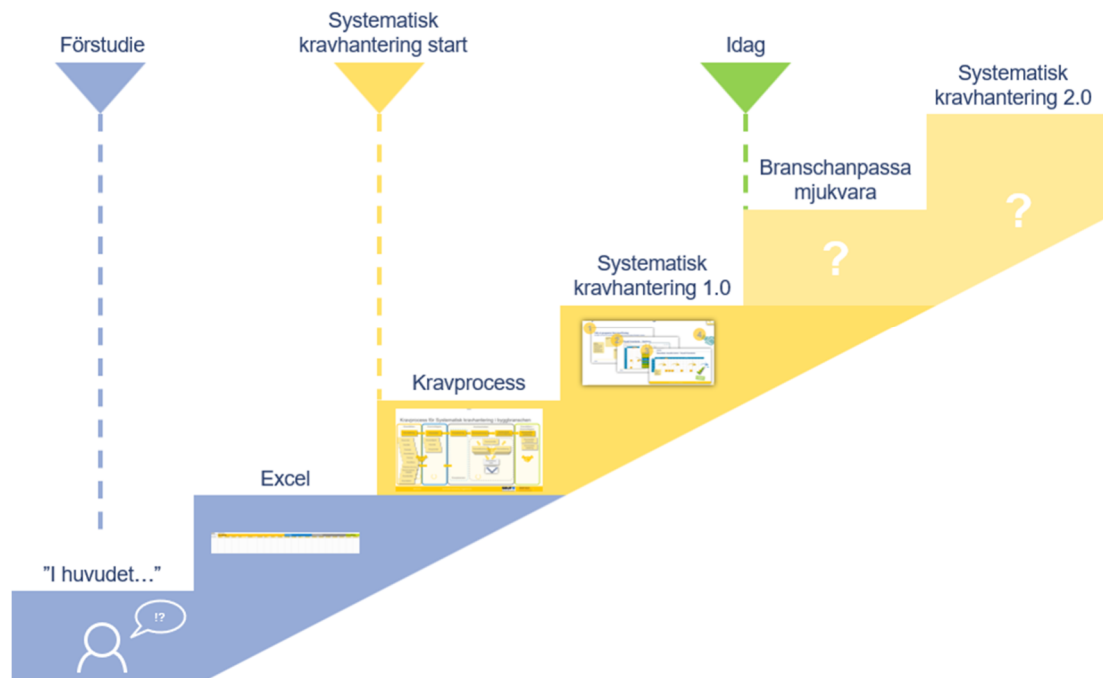
## 2.1.3 Verktyg och processtöd

Arbetet med *Systematisk kravhantering i byggbranschen* har utgått från att i första hand skapa en bra process är anpassad till byggbranschens arbetssätt, istället för att fokusera på att införa en mjukvara. Genom att skapa en robust process kan denna sedan användas som del av kravställning för mjukvara som är effektiv för branschen.

Här identifierades att mjukvaran behöver vara tydligt databasbaserad och ha ett öppet API, där kravprocessens terminologi och kravaktiviteter är fasta kravparameternamn som kan ges ett projektunikt kravparametervärde. Mjukvaran bör därutöver ge projekt-deltagarna både en visuell överblick och visuell detaljblick av kravet och dess relationer till sin omgivning.

Visualisering är också effektivt för att visa hur en godkänd kravverifiering ska uppnås för en gemensam syn mellan kravställare, kravmottagare och besiktningsgrupp. Det ger tryggare besiktningsskeden för alla – jämför gärna med normerande besiktningar. Mjukvaran bör kunna ge stöd för en "in-och-utzoomning" av dessa detaljeringsgrader. Slutligen behöver en fullständig mjukvara kunna presentera kraven på ett visuellt förståeligt vis samt kunna hjälpa oss med hanteringen längs byggprocessen så att vi inte överarbetar kravhanteringen. Idag finns färdigutvecklade och etablerade mjukvaror på marknaden men dessa har tagits fram för andra branscher.

För att överbygga bristen på till byggbranschen anpassad mjukvara utforskades ett antal verktyg för att stödja arbetet på ett praktiskt sätt, och som på så sätt kan utgöra första steg på resan mot en systematisk kravhantering, se Figur 5. Detta beskrivs i avsnitt 3.3 och i bilaga *White paper 6: Erfarenheter av kravnedbrytning med två olika processtöd*.



**Figur 5: Byggbranschen har en resa att göra mot mer systematisk kravhantering. De två blå stegen är kravhantering som det ofta görs idag, de mörkgula stegen är de kliv vi tagit i detta projekt, medan kvarvarande steg är vår vision.**

0. På en grundläggande nivå sammanställdes en kravlista, Excel-mall som följer "gula kartans" logik. Även om excel inte rekommenderas för mer komplex kravhantering, kan det i vissa sammanhang vara ett steg mot mer ordning och reda i kravhantering.
1. För kravhanteringen i projekt utforskades visuella arbetssätt i form av kravhanteringsmöten med visuell kravtavla i det genomförda pilotprojektet. Här användes en digital visuell kravtavla som togs fram baserad på en tidig version av kravprocessen. Den visuella kravtavlan användes både i en initial kravworkshop för att identifiera krav, men även under projektets gång vid kravhanteringsmöten och vid avslut på kravresultatsverifieringsmöte. Arbetssättet bedöms vara ett attraktivt steg på vägen mot mer avancerade verktygsstöd för processen.
2. För stöd för kravnedbrytning baserat på v-modellen utforskades last planner metodik, då detta bedöms vara ett arbetssätt med låg tröskel men med viss potential för struktur.

Arbetet i pilotprojektet beskrivs i avsnitt 3.4, samt i bilaga *White paper 3: Kravhantering i pilotprojekt*.

I ett nästa steg bör mjukvara anpassas eller utvecklas för att på bästa sätt stödja den föreslagna processen. Utmaningen att se sambandet för alla kravrelationer är centralt. Detta diskuteras i avsnitt 3.3 och, bilaga *White paper 5: Processtöd och mjukvara för byggbranschen*.

## 2.2 Nyttor - skeden, aktörer och ägarskap

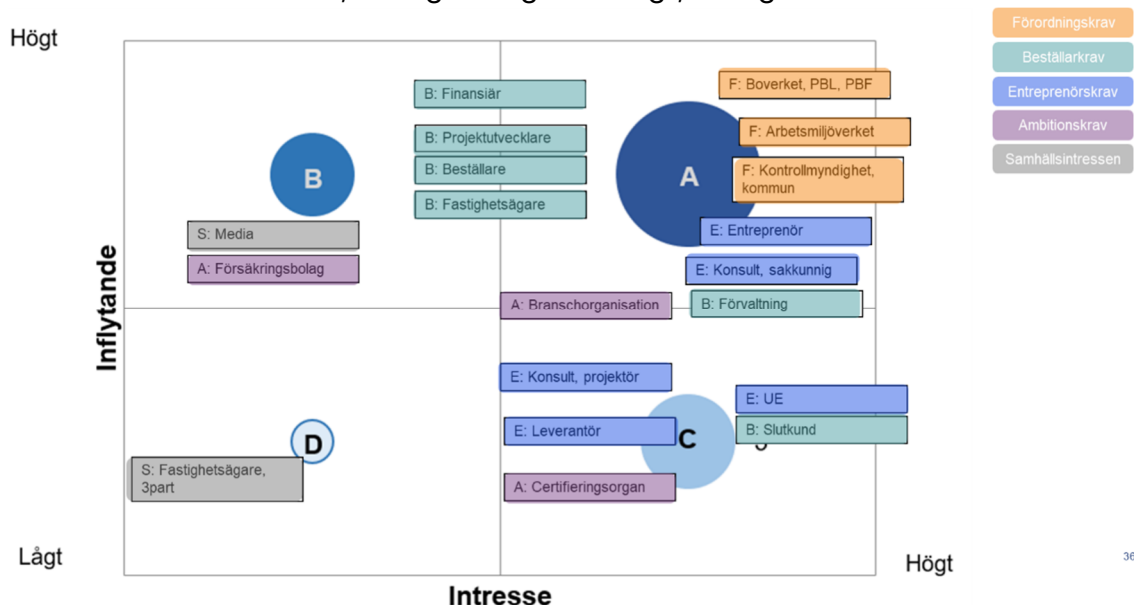
Kraven i ett byggprojekt är ofta många och kan vara sinsemellan olika. Enligt föreslagna process delas krav in i olika typer, både i fråga om källa till kraven, och i fråga om kravens karaktär, se Figur 6. Under projektets gång föreslogs en förfining av indelningen av krav, där ytterligare två kategorier sekundära kravställare identifierades: ambitionskrav och samhällsintressen. Båda dessa kategorier har ingen makt i projekten utan kraven kan plockas upp av någon av aktörerna i projektet.

Kravtyper: ↓	Förordningskrav	Beställarkrav	Entreprenörskrav
Funktionskrav	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tillgänglighet</li> <li>Brandskydd</li> <li>Fukt</li> <li>Ljus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tillgänglighet</li> <li>Ljus</li> <li>Miljöcertifiering</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fukt</li> </ul>
Produktkrav		<ul style="list-style-type: none"> <li>FSC-märkt trä</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>FSC-märkt trä</li> <li>Halogenfria kablar</li> </ul>
Övriga krav (processkrav et c)		<ul style="list-style-type: none"> <li>Bygga F</li> <li>AF-del</li> <li>Bodplacering</li> <li>Ej kvälls- eller helgarbete</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Social hållbarhet</li> </ul>

Figur 6: Indelning av krav på kravtyper och kravställare. I tabellen har några krav angivits som exempel.

Byggbranschen är en komplex bransch med ett stort antal olika aktörer som behöver samverka i byggprojekt. Projekten kan vara mycket stora med ett ökande antal intressenter och den tekniska komplexiteten tenderar att öka, samtidigt som kravställningarna blir mer mångfacetterade inte minst i form av olika typer av hållbarhetskrav.

För att visualisera den fragmenterade branschen genomfördes en intressentanalys där olika aktörer i branschen identifierades och deras respektive intresse och inflytande över kravbildningen bedömdes, antingen högt eller lågt, se Figur 7.



Figur 7: Resultat av intressentanalys där aktörer identifierades och kategoriserades efter intresse och inflytande över kravbildningen. Intressenterna kategoriserade enligt: A: högt inflytande, högt intresse, B: högt inflytande, lågt intresse, C: lågt inflytande, högt intresse, D: lågt inflytande, lågt intresse. Typ av krav är markerat med färger.

Intressenterna är också aktiva under olika delar av byggprocessen. En bild över de olika intressenternas huvudintresse baserad på en generisk byggprocess visas i Figur 8. Informationsflödet mellan skeden och aktörer är av stor vikt.

Nyttä		Tidigt skede	Programhandling	Systemhandling	Bygghandling	Produktion	Drift
M: Boverket	A	x	x	x	x	x	(x)
M: Arbetsmiljöverket	A	(x)	(x)	(x)	x	x	x
M: Kontrollmyndighet	A				x	x	
E: Entreprenör	A	(x)	(x)	x	x	x	
E: Konsulter, sakkunnig	A	x	x	x	x	x	
B: Projektutvecklare	AB	x	x	(x)			
B: Beställare	AB	x	x	x	(x)	(x)	(x)
B: Fastighetsägare	AB	(x)	(x)				x
B: Finansiärer	AB	(x)					(x)
S: Media	B	(x)					(x)
A: Försäkringsbolag	B						(x)
A: Branschorganisation	AC				x	x	
B: Förvaltning	AC		(x)	(x)			x
E: Konsulter, projektör	C	(x)	x	x	x		
E: Underentreprenör	C					x	
E: Leverantör	C				x	x	(x)
B: Certifieringsorgan	C		(x)	(x)	x	x	(x)
B: Slutkund	C						x
S: Fastighetsägare, 3:e parD							x

**Figur 8:** En bild över de olika intressenternas huvudintresse baserad på en generisk byggprocess. De olika färgerna indikerar olika typer av krav: Förordningskrav (orange), Entreprenörskrav (blå), Beställarkrav (turkos), Ambitionskrav (lila) och Samhällsintressen (grå). Intressenternas huvudsakliga intresse markeras med X, medan (X) indikerar visst intresse.

En reflektion från intressentanalysen är att framförallt intresset kan variera inom de olika aktörskategorierna, men intresset kan även variera över tid. Exempel på dessa två olika typer av variationer är:

- En mer professionell (flergångs-) beställare eller projektutvecklare kan ha väsentligen större kunskap och större intresse för att påverka kravbilden. Det kan också finnas en uttalad ambition, ex. inom hållbarhetsområdet vilket påverkar kravställningar. En engångsbeställare är troligen väsentligen mer passiv i sin roll.
- Försäkringsbolag har nyligen på vissa punkter framfört ett högre krav än gällande förordningar etc., Försäkringsbolag har potentiellt ett stort inflytande, där de kan agera antingen morot eller piska genom högre eller lägre premie, och har på senare tid manifesterat detta.
- Vidare förväntas branschorganisationer ha stort intresse, men om branschen ska få större inflytande på regelefterlevnad kan dessa dessutom indirekt få stort inflytande om de kan påverka branschen, eller enskilda aktörer i branschen.
- I och med övergång till Möjligheternas byggregler är Boverkets ambition att branschen övertar visst ansvar från myndigheterna. Detta skulle i så fall innebära att intresse och troligen också inflytande ökar för flera av intressenterna, medan myndigheternas intresse och inflytande torde minska.

Enligt en tidig workshop förväntades sig referensgruppen huvudsakligen nyttorna ligga i tidiga skeden, projektering och delvis i produktion, medan nyttorna i drift värderades lite lägre. De nyttorna som bedömdes högst var kvalitet och arbetssätt.

Den föreslagna kravprocessen behöver ägas och förvaltas. Historiskt sett har ägandeskap av gemensamma processer i byggbranschen varit utmanande då branschen är fragmenterad. Detta har resulterat i att många arbetssätt har implementerats i enskilda företags ledningssystem och där vidareutvecklats i olika riktningar. Denna utveckling hade varit olycklig avseende systematisk kravhantering. Det finns dock exempel att hämta lärdom från, ex. liknande arbetssätt hanteras av olika organisationer (Svensk Byggtjänst, BEAst, BIM Alliance) eller som produkt av kommersiella företag (Taipuva, InCheck).



## 3 Resultat

Visionen med detta projekt var att skapa ett arbetssätt för systematisk kravhantering i byggbranschen. I detta kapitel återges en sammanfattning av resultaten från projektet. Mer detaljer återfinns i de whitepapers som ligger som bilagor till denna rapport.

### 3.1 Teoretisk bas

Systematisk kravhantering spänner över ett antal olika teoretiska fält, där olika modeller för kravhantering presenteras inom litteraturen, från övergripande systemteorier för produktutveckling till detaljerade metoder och verktyg för att bygga applikationer och tillämpningar för olika industrier och verksamheter. Inom forskningsprojektet *Systematisk kravhantering* har en teoretisk fördjupning genomförts inom de tre mest förekommande teoretiska fälten; Axiomatisk design, Systems engineering, Requirements management.

*Axiomatisk design* fokuserar på metoder för en transformation från behov och krav till produktion och förvaltning av en färdig produkt för produktutvecklingsprocesser (Suh, 2001). Enligt (Suh, 2001) är identifiering av gränssnitt mellan tekniska system, metoder för att minimera informationshantering och funktionsberoenden mellan systemen huvudfokus inom axiomatisk design. Inom systems engineering beskrivs V-modellen som en bas för att knyta krav mot olika lösningar (Felip, Hannon, & Weigand, 2017). Denna modell följer delvis axiomatisk design men har ett ytterligare syfte genom att tydliggöra kraven längs produktutvecklingsprocessen i en nedbrytning från generell nivå till detaljerad, men även säkerställa funktionen uppåt från detaljnivå till generell via verifiering och validering (Buede, 2009).

Fältet *Systems engineering* representerar flertalet metoder och teoretiska modeller för produktutveckling. Likt axiomatisk design presenterades de grundläggande teorierna primärt under början till slutet av nittioalet med tillämpningar inom verktygs-, fordons- och IT/Telecomindustrin (Suh, 2001), (Robertson & Ulrich, 1998), (Erixon, 1998). Ytterligare ett begrepps-fält är förankrat inom produktutveckling med requirements analysis, functional analysis and allocation samt design synthesis, design verification and validation. Detta som stöd för att tydliggöra status för krav inom olika steg för en produktutvecklingsprocess (de Graaf, Vromen, & Boes, 2017). En viktig del inom systems engineering är att synliggöra kravrelationer både mellan krav och teknisk lösning men också mellan krav sinsemellan. Här finns en komplexitet i relationer som identifierats i den kundanpassningskontext som byggprocessen beskrivs som längs produktbestämningen (Jansson, Schade, & Olofsson, 2013).

*Requirements management* (som en del av Systems engineering) fokuserar på hanteringen av krav längs livscykeln för produktbestämning, utveckling, produktion och förvaltningsprocessen av produkter. Här blir åter kravrelationerna centrala för hur stödjande system kan uppnå flexibilitet genom att knyta relationer mellan krav och lösningar. Spårbarhet synliggörs genom både hierarkisk och klusterbaserad organisering (Wibowo & Davis, 2020). Utifrån svensk kontext så presenteras Svensk kravterminologi som ett pågående arbete med en begreppsmodell för kravterminologi som ska stötta kravhantering inom olika tillämpningar (Sternudd, u.d.).

Sammanfattningsvis finns en bas av olika modeller och metoder inom kravhantering för produktbestämning, produktframtagning och förvaltning av produkter. Om vi ser byggnader som ett resultat av ett byggprojekt och där produkten är det output som projektet levererar, så finns möjlighet till att tillämpa systematisk kravhantering med stöd av ett teoretiskt ramverk för byggandet. En skiljelinje mellan produktutveckling och projektering finns, där produktutveckling finns innan projekt startats med kund, vilket kan beskrivas som fördefinitioner i olika byggkoncept eller produktplattformar (Eriksson, Sandberg, Jansson, & Lessing, 2021). Det andra är projektering, vilket relaterar till den process som en slutlig bestämning genomförs för byggnadens funktion och utformning. Arbetet före projektinitiering (koncept/plattformsutveckling) eller efter projektinitiering (projektering) har betydelse för hur krav, och relationer mellan krav kan kopplas till olika tekniska system eller lösningar (Lidelöw & Olofsson, 2017).

En kombination av ovanstående modeller och metoder resulterade inom detta utvecklingsprojekt i en kravprocess för systematisk kravhantering, vilken kallas den gula kartan, se avsnitt 2.1. Gula kartan blir därför en central del för att följa ett krav längs byggprocessen vare sig det är konceptutveckling eller projektering.

### **3.1.1 Teoretiska möjligheter och utmaningar för industrin**

Systematisk kravhantering innebär hantering av komplexitet, till stor del beroende av vilken öppenhet det finns att stötta olika kundanpassningar inom produktdefinitionsprocessen (Eriksson, Sandberg, Jansson, & Lessing, 2021). Byggandet generellt hanterar denna öppenhet för krav genom projektbaserade processer integrerat med kund, externa och interna aktörer både inom produktbestämningen (projekteringen) men även under produktionsfasen. Beskrivningen av nivåer för systematisk kravhantering har i detta projekt visat på att en hierarkisk nedbrytning av krav på produkten inte är tydlig och inte heller en ren klusterorienterad kravnedbrytning. Resultat från projektet visar på en kombinerad nedbrytning av dessa två. Denna kombination varierar mellan byggprojekt och speciellt i relation till fördefinitionsgraden på systemlösningar, som generellt har en högre grad utredd kravhantering innan kunden kommer in i processen, och vilket ger mindre integrerade krav mellan system och en mer hierarkisk kravnedbrytning (Eriksson, Sandberg, Jansson, & Lessing, 2021).

Det behövs dock verifiering av ingående teorier mot varierande byggkontext där en objektiv diskussion behövs för att säkerställa den funktionella modeller längs kravprocessen. Dessutom behöver teorierna stödja den tillämpade verksamheten genom systematisk kravhantering, utan att medföra administrativt arbete, genom att nyttja smart digitalisering för kravens olika ingående parametrar.

Läs mer i bilaga *White paper 2: Teoretisk bas för kravprocessers tillämpning*.

### **3.2 Kravnedbrytning och kravpaketering**

Utifrån den kravhanteringsprocess som beskrivs i avsnitt 2 utforskades kravnedbrytning och möjligheter till kravpaketering. Detta gjordes dels på en generell nivå, dels i pilotprojektet. Viktiga aspekter har varit kopplingar mellan krav, motsägelsefulla krav, rimlig hanteringsmängd och systematik.

Kravmassan i ett byggprojekt kan bestå av ett stort antal krav från olika källor och med flera olika kravställare. Genom den föreslagna kravhanteringsprocessen kan denna stora kravmassa struktureras. Processen är tänkt att fungera på samma sätt oavsett typ av krav, vilket skede och konkretiseringsnivå på kravet.

### 3.2.1 Kravnedbrytning

Kravnedbrytning är en central del i kravhanteringen enligt systematisk kravhantering i byggbranschen. Kärnan är att i de krav där det enligt kravanalysen saknas ett tydligt kravacceptanskriterium är en kravnedbrytning nödvändig för att tydliggöra kravet och möjliggöra kravresultatvalidering. Denna kravnedbrytning innebär ofta inte kravnedbrytning av typen ett-till-ett utan kan innebära ett-till-flera, dvs. ett huvudkrav som bryts ner i flera underkrav, eller flera-till-ett, dvs. flera huvudkrav som bidrar till samma underkrav. Detta komplicerar förstås kravnedbrytningen, men bekräftar samtidigt vikten av systematik, transparens och spårbarhet i kraven.

### 3.2.2 Möjligheter med kravpaketering

För att tydliggöra släktskap mellan krav kan kravpaket skapas. Kraven kan här redan ha en relation till varandra (huvudkrav-underkrav), eller behandla ett område och innebära ett förtydligande att kraven hör ihop, t.ex. vara krav som tillsammans utgör en certifiering eller liknande. I detta avseende identifierades några olika kategorier av lämpliga kravpaket:

- *Funktionskravpaket*, avgränsat till ett funktionskrav ex. ljud, brand eller fukt
- *Certifieringskravpaket*, där kravpaketet omfattar underlag för certifiering ex. Svanen eller Miljöbyggnad
- *Produkttypspaket*, specifika krav för ex. flerbostadshus, omsorgsboende eller skolbyggnad
- *Delprodukttypspaket*, liknande produkttyp fast på mer nedbruten nivå, ex. trapphus, storkök eller sovrum.
- *Byggdelspaket (komponent eller system)*, specifika krav för en byggdels, ex. yttervägg, bjälklag eller solcell.
- *Processpaket*, krav rörande själva byggprocessen, ex. CAD-manual eller arbetsmiljökrav.

Förutom uppdelningen på olika typer av kravpaket kan en uppdelning på olika nyttoägare göras:

- *Projektspecifika kravpaket*. Nyttan kan vara att sätta extra fokus på ett viktigt krav (-område) och på så sätt lyfta detta.
- *Företagsspecifika kravpaket*. Här kan nyttan vara att standardisera kravhanteringen och därmed effektivt och kvalitetssäkert kunna återvinna kravarbete mellan olika projekt. Lämpliga kravpaket ur ett företagsperspektiv är olika produkttypspaket, komponentpaket eller processpaket.
- *Branschgemensamma kravpaket*. Lämpliga kravpaket ur ett branschperspektiv är funktionskravpaket, certifieringspaket och möjligen processpaket. Lämplig utgivare av denna typ av paket kan vara en branschorganisation eller företag, respektive myndighet ansvarig för underliggande krav (beroende på typ).

Den tänkta fördelen med kravpaketering är möjligheten till effektiv återanvändning av krav mellan projekt. Genom att skapa kravpaket, med grundlig nedbrytning av krav till validerbara krav med tydliga kravacceptanskriterium kan en organisation återvinna krav från projekt till projekt och på så sätt effektivisera processen i det enskilda byggprojektet.

För att utforska kravnedbrytning och kravpaketering genomfördes flera exempel, både skarpt i projekt och i utforskande syfte. Baserat på önskemål från genomförda workshops i referensgruppen applicerades kravnedbrytningen och kravpaketeringen dels på fuktkrav, dels på energikrav.

En utmaning är att skapa rimlig arbetsbörda i kravhanteringen. Även med en tydlig systematik, ger de många kopplingarna och behovet om spårbarhet i en ofta mycket omfattande kravmassa, behov av både prioritering och av effektiva verktyg för hanteringen. Kan kravpaket återanvändas kan effektivitet skapas i kravhanteringen.

Läs mer i bilaga *White paper 4: Erfarenheter av kravnedbrytning och kravpaketering*. och bilaga *White paper 6: Erfarenheter av kravnedbrytning med två olika processtöd*.

### 3.3 Verktygsstöd och mjukvaror

Eftersom krav innehåller en stor mängd data jämte ett behov att både se och få hjälp med att hantera kravrelationer – både inom och mellan krav – så behöver vi människor hjälp av datakraft med flera pedagogiska sätt att åskådliggöra den komplexa krav-situationen.

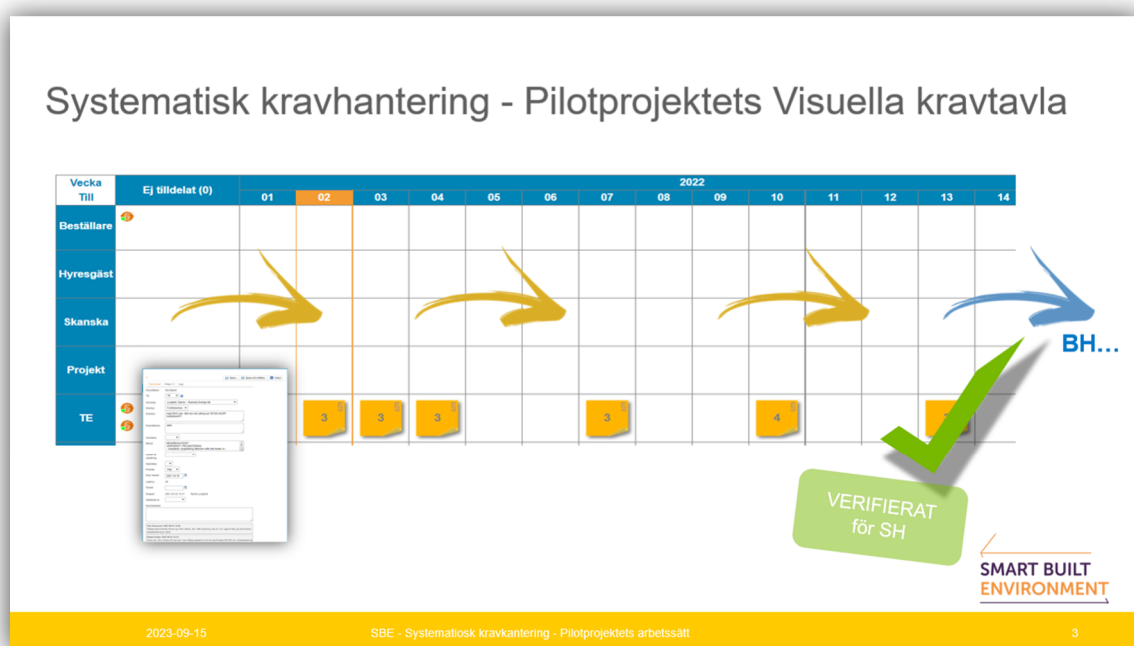
Vi såg ganska tidigt i projektet att det inte fanns någon heltäckande mjukvara för byggbranschen att direkt använda – och vi fick dessutom först fokusera på hur en kravprocess för byggbranschen kunde se ut så att vi därefter kunde ge råd om vad en mjukvara bör ge för hjälp till oss människor.

I förstudien och referensgrupperna framgick att kravhanteringen mestadels nyttjade Excel om ens någon mjukvara alls. För att ena en sådan hantering för hela branschen så skapade vi en excelfil med tre hjälpmedel som följer kravterminologin i Kravprocessen och Ordlistan samt har stöd för enkel kravnedbrytning i V-modell:

1. en kravlista för att samla alla kravdata i en matris och kunna sortera per kravaktivitet. Referensgruppen har nämnt kravlista som ett vanligt tillvägagångssätt men den har skapats ny och olika från gång till gång. Med denna lista får branschen ett enkelt sätt att agera lika och troligen undvika missförstånd.
2. en kravkarta för att visa ett kravs data detaljerat i samma visuella struktur som Kravprocessen (Gula kartan). Här kan kravdatan visas som en V-modellen i fri utsträckning på ett behändigare sätt än en lista.
3. en kravnedbrytningstavla i form av en whiteboard-liknande lösning där varje cell är en Post-It-lapp. Här kan kravets behov definieras enligt Last Planner System-metodik (jämför Lean Pull-metodik där en aktivitets behov anger föregående aktivitets definition och aktion) från kravets slutstation och steg-för-steg bakåt till dess kravställan. När denna övning är klar så framgår alla nedbrytningssteg för kravet.

Pilotprojektets "Visuell kravtavla" är en databasbaserad visuell ärendehantering som lyfter kravhanteringen till att bli synlig, gemensamt förstådd och resursmässigt hanterbar, se Figur 9. Varje krav har här en digital "Post-It-lapp" på tavlan som i mjukvara är ett dataformulär. Dataformuläret innehåller kravaktiviteter som parametrar och kravets data sparas som parametervärden för just det kravet.

Denna form av visuella ärendehantering är i sak samma som en lista men det grafiska gränssnittet hjälper en grupp att få den gemensamma bilden på kravhanteringen som gör gruppen mer samförstådd. Informationen i kravtavlan är i sig densamma som i en kravlista men mer överblickbar och den aktiverar en grupps diskussioner mer.



**Figur 9: Visuell Kravtavla där all kravdata samlas samt visar kravhanteringen längs en tidsaxel så att framdriften och hanteringsfördelningen görs tydlig.**

Den Kravtavla som pilotprojektet använde levererades av genom mjukvaran Apricon (Tribia AB) som projektet redan använde till annan ärendehantering. Den följer huvuddelen av kravterminologin och har, förutom sökbarhet och tydlighet i kravdata, hjälpt projektet med arbetsfördelning och uthållighet i kravhanteringen - dock har den i dagläget marginell hjälp för kravrelationer.

I referensgruppen har vi med oss mjukvaran Polarion som Taipuva AB som erbjuder en generellt användbar kravhantering och har användare inom bl.a. fordons- och läkemedelsindustrin. Något konsultföretag använder Polarion idag för kunder i vår bransch och finner det välfungerande – alltså en väg att gå för byggbranschen.

Vi ser att en mjukvara behöver vara tydligt databas-baserad och ha ett öppet API där kravprocessens terminologi och -aktiviteter är fasta parameternamn som får sitt projektunika parametervärde. Denna databas bör vara hela eller huvuddelen av kontraktformuleringen. Mjukvaran behöver ge projektdeltagarna visuell överblick och detaljbild av krav och delkrav samt dess relationer till sin omgivning. Vi tror att mjuk-

varan är baserad på "relativa grafdatabaser" som förutom relationerna också visar vilka kravdelar som måste samhanteras vid kravändringar och, i yttersta fall, kunna föreslå godtagbara justeringar i kravmängden.

I arbetet har vi inte specifikt berört Artificial Intelligens (AI) eller Machine Learning (ML) men helt klart finns här fördelar att hämta in som hjälp till en människas arbetsmängd vid kravformulering och kravhantering.

Just kravformuleringen är en intressant punkt att utforska vidare. Eftersom det finns mycket löptextformuleringar i kravställningar - vilket ofta ger vaga kravtydligheter i form av syftningsfel, motstridigheter och ofullständig informationsmängd - kanske AI kan användas metodiskt för att tolka dessa mänskliga löptexter och formulera dem till striktare kravdata. AI skulle då kunna ställa tilläggsfrågor för att hjälpa oss människor att formulera kraven mer fullständigt och entydigt. Enkelt formulerat så kunde vi människor fortsätta agera som vi gör - och slippa tröskeln i att börja formulera oss fullt systematiskt - medan AI "städar upp" efter oss och ger oss bra kravdata.

Läs mer i bilaga *White paper 5: Processtöd och mjukvara för byggbranschen*.

### 3.4 Erfarenheter från pilotprojekt

Från pilotprojektet, se Figur 10, presenterar vi hur vi löpande har hanterat kraven i pilotprojektet med utgångspunkt från Kravprocessen som ni kan läsa om i vårt relaterade whitepaper, se bilaga *White paper 3: Kravhantering i pilotprojekt*.



*Figur 10: Pilotprojektet i slutet av produktionstiden.*

Vi har arbetat i en *Bottom Up*-liknande metod - alltså utgått från projektets bild av "otydliga kravlösningar och -bearbetningar" som är "värda och möjliga" att lägga dessa resurser på. En *Top Down*-liknande metod hade varit att vi haft branschens fullständiga kravdatabas att utgå från och det ser vi som orealistiskt ännu - vi kan åtminstone inte börja där.

Vår valda struktur för kravhantering innefattade workshop för att välja krav samt regelbundna kravhanteringsmöten med en visuell tavla för uppföljning.

Projektledningen valde ut krav vars konsekvenser vore drastiska i någon form om de inte uppfylldes och som samtidigt var mer okända för just denna projektledning.

Dessa utvalda krav fick vi fram genom att hålla flera *Workshop Kravförslag* och vi flyttade in dem på en Kanban Board som vi kallat *Visuell Kravtavla*. Den kravtavlan har då varit central för kommunikation, kravprecisering och slutligen en bra plats för kravverifikation samt kravloggning av slutligt verifierade krav, se Figur 11.

De övriga kravförslagen som vi valde att inte bearbeta med denna metod har följts genom befintliga arbetssätt och -strukturer.



Figur 11: Exempel på visuell kravhantering. Kravavstämning i veckovyn.

Detta har alltså varit ett tämligen agilt tillvägagångssätt där vi gjort antaganden som provats och justerats längs vägen. Idag ser vi att denna nivå och arbetssätt gett projektet ork och engagemang att hantera krav längs projekterings- och produktionsprocessen – projektledningen har fortsatt så här även i sitt nästa projekt.

I enkäterna fick Funktionalitet högst betyg, t.ex. frågorna "Process och verktyg för systematisk kravhantering är enkel att förstå." samt "Systematisk kravhantering tydliggör krav och hur de verifieras.". Kravarbetet har varit värt sin möda i pilotprojektet, processen upplevdes enkel och kravinnehållen med dess verifieringsförberedelse blev tydligare. Frågan om "... minskad arbetsbelastning..." gav inget resultat eftersom inget jämförelsevärde hittades. Kravhantering har inte varit en gemensam tydlig insats utan spritt fördelad på arbetstiden, "...med Systematisk kravhantering så blir det tydligt."

Även Kompabilitet fick hög värdering på frågan " Systematisk kravhantering passar väl in i vårt arbete, våra arbetssätt och verktyg." liksom Effektivitetsfrågan " Systematisk kravhantering minskar antalet fel vid slutbesiktning och under garantitid." Denna sista värdering stämmer väl med projektets strävan vid projektstart.

Läs mer i bilaga *White paper 3: Kravhantering i pilotprojekt.*

### **3.5 Sammanfattning av slutworkshop**

En slutworkshop avslutade utvecklingsprojektet. Förutom att sammanfatta och diskutera arbetet i projektet diskuterades hur systematisk kravhantering ska kunna bli verklighet i byggbranschen. Utifrån underlaget till denna rapport enades mötet om att byggbranschen skulle tjäna på att införa systematisk kravhantering och att den beskrivna modellen är ett steg i den riktningen.

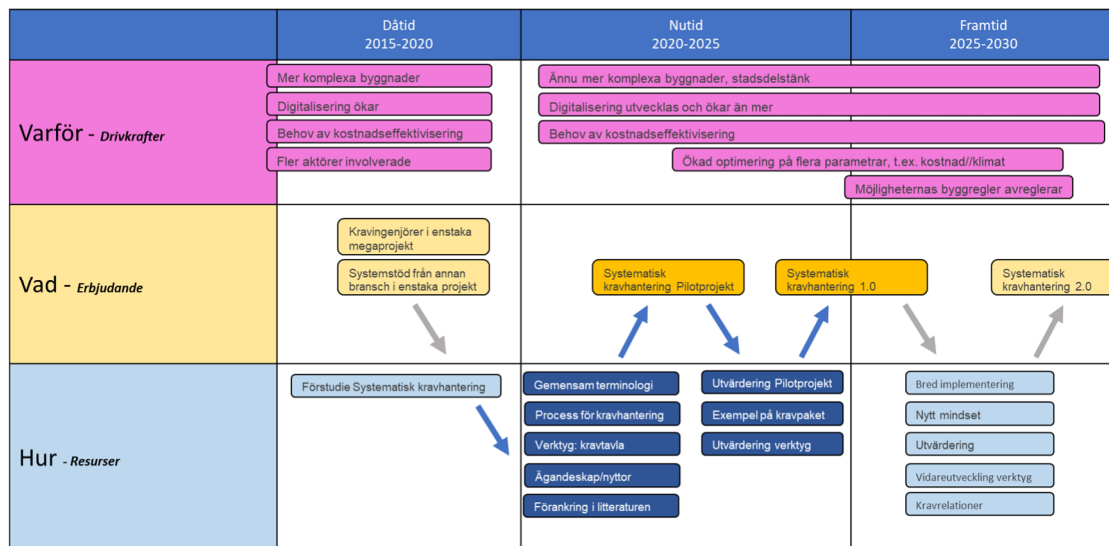
För att komma vidare bedömdes modiga och engagerade människor inom branschen som vågar satsa, och på så sätt skapa goda exempel. Då kan också den konkreta nyttan i projekten visas. Vidare bedömdes det viktigt att sätta upp realistiska mål och stegvis implementera. En nyckel till implementeringen bedöms vara utbildning.

Genom en standardiserad process för kravhantering som kan tillämpas på alla projekt inom organisationen, skulle kontinuerlig förbättring kunna uppnås.



## 4 Diskussion

Utifrån det omfattande projektmaterialiet, erfarenheter och framtagna process har ett antal reflektioner gjorts nedan. En visualisering av vårt arbete ges i Figur 12.



Figur 12: Visualisering av utveckling av systematisk kravhantering för byggbranschen baserat på drivkrafter, och resurser. Aktuellt projekt omfattar de mörkare rutorna under Vad och Hur.

### 4.1 Reflektioner utifrån genomfört arbete

Inför slutmötet reflekterade arbetsgruppen kring genomfört projekt och identifierade ett antal olika viktiga punkter för genomförandet av projektet. Identifierade punkter klustrades och presenteras i Figur 13. Dessa presenterades också på slutworkshopen.



Figur 13: Reflektioner kring systematisk kravhantering i byggbranschen. Punkterna delades in i Möjliggörare (aprikos), Centrala förutsättningar (brun), Kravreflektioner (gul) samt Viktigt att beakta (lila, grön).

- **Mjukvara.** Nu när processen är genomarbetad och accepterad i ett bransch-gemensamt forum finns en möjlighet att kravställa mer komplex mjukvara än den som använts i pilotprojektet. Detta bedömdes inte som effektivt att göra innan. Detta bedöms vara en viktig output från utvecklingsprojektet.
- **Kravnedbrytning och kravpaketering.** Kravpaktering bedöms ha en stor potential till exempel för en enskild aktör. Genomarbetade kravpaket kan

effektivisera kravhanteringen och vara en affärsmässig fördel för en enskild aktör. Troligen kan kravpaketering innebära en effektivisering som gynnar större aktörer genom att de kan få stordriftsfördel. Att skapa branschgemensamma kravpaket kräver väsentligen större investeringar och en förvaltning som troligen är mer svårhanterad. Här skulle privata initiativ kunna hitta affärsmöjligheter, alternativt kravställande myndigheter hitta förenklingar för branschen.

- **Rimlig arbetsinsats.** Diskussion om rimlig arbetsinsats kring kravhanteringen uppkom i pilotprojektet. Från verktygsleverantören Polarion visades stor kostnadsnytta vid användningen av mjukvara för kravhantering, men detta var inte uppenbart för pilotprojektet som upplevde en tröskel. Att identifiera rätt krav, och att inte missa dessa var en stor fråga i pilotprojektet. Här sågs kravhanteringsmöten som en nyckel för ökad fokus på krav generellt men också som en möjlighet att undvika missade krav. Denna fråga bör bemötas med incitament för att vara pilotprojekt, samt att se på skalbarhet för insatsen istället för belastning i ett projekt.
- **Nytt mindset.** För att skapa förändring behöver alla göra sin egen del i förflyttningen av kravhanteringen. Förflyttningen är nödvändig att göra då tiderna för effektiv manuell hantering är förbi. Förutsättningarna för förändringen bedöms vara goda, inte minst med hänsyn till ökad digital mognad, se nedan.
- **Digitalisering.** Digitaliseringen av byggbranschen och framförallt mognaden i organisationer upplevs ha utvecklats kraftigt under projektiden. Detta innebär att möjligheterna att med god efterlevnad implementera ett system bedöms ha ökat väsentligen. Därmed skulle lösningar som valdes bort som datakrävande initialt möjligen inte ha valts bort i nuläget.
- **AI.** Vidare har olika typer av språkmodeller, natural language processing ex. LLM (large language models) i olika initiativ utvecklats enormt under den tid som projektet har pågått. Detta utmanar, men betonar samtidigt vikten av, projektresultaten. I liggande mjukvara, ex. Polarion, finns textanalysverktyg som kan plocka ut skall-krav ur en text och på så sätt stötta kravmottagaren att identifiera krav. Men utvecklingen har gått snabbare än så och i en nyligen publicerad licentiatavhandling utforskas möjligheten till att bearbeta kravmassan. En programprototyp för AI anpassad för anbudsarbete togs fram där krav utvanns ur olika typer av projekthandlingar med syfte att automatisera delar av arbetet (Cusumano, 2023).
- **Innovationsförmåga.** Innovationsarbetet bör beaktas inför en övergång till systematisk kravhantering. Stödjande system och fördefinierade kravpaket kan göra kravarbetet effektivare, men kan även skapa inlåsningseffekter. Det kan premiera gamla lösningar och gamla kravformuleringar om resurser investeras i kravpaket. Troligen kan kravpaket skapas på ett klokt sätt så att de fokuserar på kraven och därmed bevarar förmågan att innovera eller använda innovationer.
- **Kravens kvalitet.** Kvaliteten på dagens kravmassa bedöms vara relativt låg, då materialet är ostrukturerat och kravdatan kan vara svår att genomskåda. Bedömningen är att kvaliteten på kraven behöver öka i takt med att kravhanteringen blir mer systematisk. En bedömning är att vid en ökad systematik kommer en mängd motsägelsefulla krav, eller krav med oönskade effekter identifieras. Detta kommer kräva åtgärder från kravställare.

- **Förvaltning.** Den komplexa, fragmenterade byggbranschen innebär att förvaltning av system är ett problem. Dels innebär detta en svårighet att komma överens om gemensamma format och processer, dels innebär det en svårighet att nytta skapas för en aktör medan kostnader inte nödvändigtvis tillfaller samma aktör. Detta medför att incitamenten behöver ses över. Denna problematik är inte specifik för kravhanteringen utan kan tänkas vara mer generell för digitaliseringen i branschen. Detta är också den bärande anledningen till att vi inte har satsat på att utveckla mjukvara utan först få med människorna på tåget, sedan skapa processer för att slutligen förhoppningsvis komma till mer effektiva verktyg (People-processes-tools).
- **Byggregler.** Samhället är en stor kravställare. Här ser vi en stor potential att strukturera kraven för att skapa lättare kravhantering i databaser. Här bedöms stor nytta finnas då byggreglerna appliceras i alla byggprojekt. Genom att skapa fullständiga krav inklusive verifieringsdata och leverera dessa i API:er skulle en väsentlig förbättring åstadkommas.

## 4.2 Reflektioner i projektet

Förutom reflektioner kring själva arbetssätten i Systematisk kravhantering, gjordes några reflektioner kring själva utvecklingsprojektets genomförande.

- **Pilotprojekt.** Det finns en svårighet att i ett utvecklingsprojekt takta ett riktigt byggprojekt, speciellt då ambitionen var att fånga hela processen, från tidigt skede till överlämnad byggnad. För att säkerställa att kunna inkludera överlämningen var det valda pilotprojektet redan uppstartat när vi kom in i bilden och de allra tidigaste skedena redan var genomförda. För att kompensera detta valde vi att inkludera ytterligare ett projekt som vi skulle följa i ett tidigare skede. Vi kom in i projektet i ett mycket tidigt skede, men tyvärr lades detta projekt ned efter förstudien (av anledningar utanför vår kontroll).
- **Involvering.** Byggprojektet valde att i huvudsak involvera projektledningen, medan konsulter, underentreprenörer och yrkesmedarbetare inte involverades i lika stor utsträckning. Detta berodde till viss del på att dessa upphandlats före kontraktsskrivning. Projekteringsledningen sköttes till stor del från utvecklingsprojektet. Detta hade olika anledningar men huvudorsaken bedöms vara att det tog längre tid än initialt bedömt att skapa engagemanget för systematisk kravhantering och därmed krävdes stöttning i större utsträckning. Pilotprojektet och resultat från pilotprojektet kan nu användas till att skapa detta engagemang i nya projekt och därmed kan projekteringsledningen i dessa projekt axla ansvaret att leda systematisk kravhantering. Även om frågan ägs av kravställare och kravmottagande projektchef bedöms projekteringsledningen vara de som är bäst lämpade att agera förändringsledare i denna fråga.

## 4.3 Förväntade branschförändringar som påverkar kravhantering

De stora trender som påverkat byggbranschen under senare år förväntas inte avta i styrka. Dessa förväntade förändringar förväntas ha stor påverkan på kravhantering i byggbranschen.

- **Digitalisering.** Sedan projektet startades har mognaden i branschen avseende digitalisering ökat. Detta bedöms vara en möjliggörare till mer systematisk kravhantering. Det är en bedömning att tidigare försök att införa systematisk kravhantering har hämmats av en lägre digitaliseringsmognad i projekt och processer. Troligen är branschen mogen idag att ta steget.
- **AI.** Utvecklingen inom AI kan förväntas ge oss nya verktyg att använda för kravhantering. Detta är absolut en möjliggörare som kan gynna kravhanteringen. Framförallt vid identifieringen och analysen av krav förväntas AI kunna bidra till en väsentligen ökad effektivitet, och en ökad kvalitet. Här krävs dock strukturer och förmåga att prompta på ett ändamålsenligt sätt.
- **Klimatfokus.** Klimatfrågans betydelse accelererar, och kravställningarna blir mer frekventa, skarpare, och mer omfattande. Denna utveckling kommer att medföra att kravhanteringen blir än mer komplex då den får ytterligare en parameter att styra på.

#### 4.3.1 Förväntade regelförändringar som påverkar kravhantering

Dessutom förväntas det svenska regelverket genomgå en radikal förändring under de närmaste åren med ökat ansvar för branschen genom tydligare fokus på funktionskrav och verifiering av dessa. Under projektets gång har spelplanen för samhällets kravställning utmanats i och med Boverkets remisser av Möjligheternas byggregler (Boverket, 2023) samt Boverkets förslag till föreskrifter och allmänna råd om certifierade byggprojekteringsföretag (Boverket, 2023). Ett stort antal remissvar har inkommit till Boverket. Remissvaren på de aktuella remisserna från olika aktörer i branschen har överlag varit relativt negativa. Flera branschaktörer avstyrker remissen. Bland annat påpekar Byggföretagen generellt i sina remissvar på Möjligheternas byggregler (Byggföretagen, 2023) att remissen innebär höjda kravnivåer, borttagande av förhandsbesked för mindre avvikelser, ökat behov av vägledning för kravställningar, osäkerheter kring verifiering av kravuppfyllnad, alltför kort tid för implementering, samt att hållbart byggande försvåras.

Kopplat till Systematisk kravhantering och vår föreslagna modell, är speciellt kommentarerna kring behov av vägledning för kravställningar och osäkerheter kring verifiering av kravuppfyllnad intressant. Boverket har i sin konsekvensutredning betonat att de formulerar teknik- och materialneutrala verifierbara funktionskrav:

”Målet för Boverkets regelarbete är att författningsförslaget ska ha en tydlig struktur där krav ställs på funktion. Författningsförslaget formuleras som teknik- och materialneutrala verifierbara funktionskrav. När föreskrifterna uttrycks som funktionskrav, utan den begränsning som de allmänna rådets normerande roll kan innebära, tydliggörs det att byggherrar får frihet att föreslå egna lösningar som uppfyller föreskrifterna. Därigenom främjas kostnadseffektiva lösningar och nytänkande som på längre sikt kan bidra till att förbättra produktiviteten och pressa byggkostnaderna.” (Boverket, 2023)

Noterbart är också att kraven enligt Boverket ska vara verifierbara, men överlag saknas tydlighet i kravacceptanskriterium. Det saknas ofta kravacceptanskriterium i form av metod, randvillkor och definierad kvantitativ godtagbar nivå. De hänvisar till

branschen och branschframtagna dokument som handböcker, standarder, branschstandarder och branschöverenskommelser för tolkning av byggreglerna. Ur ett Systematisk kravhanterings-perspektiv är detta inte förenligt med god kravställning, då kravställaren förväntas sätta upp kravacceptanskriterium.

Samtidigt med övergången till Möjligheternas byggregler, förväntas Boverket också lansera certifierade byggprojekteringsföretag. Detta förslag har enligt Boverket syftet

”att öka förutsägbarheten och effektiviteten i byggprocessen för de byggherrar som använder ett certifierat byggprojekteringsföretag och att underlätta repeterbara processer.”

För certifieringen krävs dels ett kvalitetsledningssystem (ISO9000), dels säkring av nyckelkompetens (KA, brandssakkunnig och konstruktör). Förslaget kring certifierade byggprojekteringsföretag gäller endast nyproduktion av bostäder. I det fall ett projekt inte får slutbesked kan byggprojekteringsföretagets certifiering dras tillbaka.

Genom att flytta de tekniska egenskapskraven från byggnadsnämnderna till byggprojekteringsföretaget förutses en snabbare process för startbesked. För byggnadsnämnden inför startbesked återstår att granska att ärendet följer detaljplanen, har god form- färg- och materialverkan, samt att byggnaden som avses omfattas av regelverket för certifierade byggprojekteringsföretag. Det ska dock noteras att istället riskerar missade krav, behov av mindre avvikelser eller diskussioner kring olika tolkningar av krav komma upp i en senare del av processen.

Kopplat till Systematisk kravhantering kan noteras att en tydlig och transparent kravhantering blir ännu viktigare för certifierade byggprojekteringsföretag. Både för att minska risken för att krav tappas bort under vägen, och för att genom att vara tydlig minska tolkningsutrymmet för krav.

Ytterligare ett initiativ från samhället är en offentlig utredning: Ordning och reda Ordning och reda - förstärkt och tillförlitlig byggkontroll (SOU 2023:73, 2023). Här föreslås ett större fokus på byggkontroll. Förslaget om att ta in ytterligare aktörer i processen stödjer även det identifierat behov av ökad systematik.

## 5 Slutsatser

Det går att skapa en mer systematisk kravhantering i byggbranschen. Den kraft som digitaliseringen innebär förväntas möjliggöra övergången till mer systematisk kravhantering, samtidigt som övergången till än mer uttalade funktionskrav genom Möjligheternas byggregler kommer att göra övergången till en nödvändighet.

Tiden är alltså optimal för att genomföra övergången till en mer systematisk kravhantering. Däremot är branschen alltjämt komplext och fragmenterad vilket innebär utmaningar att utveckla och förvalta gemensamma arbetsätt som också är kompatibla med byggbranschens struktur.

Från vårt arbete kan vi konstatera att:

- Systematisk kravhantering med inspiration av Systems Engineering enligt i denna rapport presenterat förslag bedöms ha en potential att skapa effektivare och säkrare kravhantering.
- Föreslagen kravhanteringsprocess har bedömts möjlig att implementera i ett byggprojekt, och där upplevts skapa nyttor. Bland annat kontinuerliga och korta kravhanteringsmöten och visuell kravtavla har bedömts positivt.
- Digitaliseringen och AI är en möjliggörare för att öka effektiviteten. I dagsläget bedöms utvecklingen ha gått så långt att det finns stöd i branschen att införa systematisk kravhantering. Föreslagen kravprocess bedöms möjlig att använda som underliggande modell.
- Systematisk kravhantering kommer innebära behov av förändring. Branschaktörer behöver vara beredda att släppa mindsetet att en manuell hantering är möjlig, och att i stället kunna lita på de digitala verktygen. I detta finns både en utveckling av process och verktyg, men även en mycket viktig lärande process.
- Branschen har en möjlighet att omformulera kontraktens krav, helt eller delvis, till konsekvent formulerade kravdatabaser. Därmed minskas löptextformuleringar.

### 5.1 Behov av fortsatt arbete

För att säkerställa en effektiv kravhantering i framtiden har behov av fortsatt arbete identifierats.

- Relativa grafdatabaser. Vi tror att en nyckel till bättre kravhantering ligger i det visuella. Där bedömer vi att relativa grafdatabaser skulle kunna vara ett bra sätt, men det krävs mer utveckling.
- AI. Att AI kan vara en nyckel till bättre kravhantering känns självklart, men det krävs vidare utforskande för att ta fram AI verktyg som stödjer kravhantering enligt föreslagen process.
- Digitalt verktyg för hantering av skapade datamallar för kravhantering krävs.

## Litteraturförteckning

- BIMFormation. (2020). *ASK - Automatiserande Standardiserade Kontroller, SBUF 13759*. Stockholm: SBUF.
- Boverket. (den 07 09 2023). Hämtat från Boverkets remisser: <https://www.boverket.se/sv/lag--ratt/boverkets-remisser/>
- Boverket. (2023). *Remiss - Boverkets förslag till föreskrifter och allmänna råd om certifierade byggprojekteringsföretag*. Karlskrona: Boverket.
- Buede, D. (2009). *The Engineering Design of Systems*. John Wiley & Sons, Inc.
- Byggföretagen. (den 07 09 2023). *Byggföretagen remisser*. Hämtat från <https://byggforetagen.se/remisser/>
- Cusumano, L. (2023). *Data-driven and production-oriented tendering design using artificial intelligence*. licentiatavhandling: Chalmers Tekniska Högskola.
- de Graaf, R. S., Vromen, R. M., & Boes, J. (2017). Applying systems engineering in the civil engineering industry: an analysis of systems engineering projects of a Dutch water board. *Civil Engineering and Environmental Systems*. doi:10.1080/10286608.2017.1362399
- Eriksson, H., Sandberg, M., Jansson, G., & Lessing, J. (2021). Exploring product modularity in residential building areas. *Buildings*, 11(7).
- Erixon, G. (1998). *Modular Function Deployment*. Stockholm, Sweden.: Ph.D. Thesis, KTH Royal Institute of Technology.
- Felip, C., Hannon, E., & Weigand, M. (2017). *Smarter customer-requirements management, Mckinsey report, Oct. 2017*. Mckinsey report, Oct. 2017.
- Jansson, G., Schade, J., & Olofsson, T. (2013). Jansson, G., Schade, J., Olofsson, T. (2013). Requirements management for the design of energy efficient buildings,. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, 18, 321-337.
- Lidelöw, H., & Olofsson, T. (2017). The Structure and Predefinition of the Industrialized Construction Value Chain,. *American Society of Civil Engineers (ASCE)*, 117-125.
- Olofsson, T., Rönneblad, A., Berggren, B., Nilsson, L.-O., Malmgren, L., Jonsson, C., & Andersson, R. (2012). *Kravhantering, produkt- och projektutveckling av industriella byggkoncept, SBUF 11931*. Stockholm: SBUF.
- Robertson, D., & Ulrich, K. (1998). Planning for product platforms. *Sloan Manag. Rev.*, 39, 19-31.
- SOU 2023:73. (2023). *Ordning och reda - förstärkt och tillförlitlig byggkontroll*.
- Sternudd, P. (u.d.). *Kravterminologi [åtkomst 2023-01-17]*. Hämtat från <https://www.kravterminologi.se/>
- Strand, H., & Svensson Tengberg, C. (2019). *Systematisk kravhantering inom byggindustrin, SBUF 13661*. Stockholm: SBUF.

Suh, N. (2001). *Axiomatic Design*. Oxford University Press.

Svensson Tengberg, C., & Grahm, R. (2021). *Systematisk kravhantering för byggindustrin. Etapp 1. Delrapport: Resultat och reflektioner från branschworkshopar*. SBUF 13937.

Wibowo, A., & Davis, J. (2020). Requirements Traceability Ontology to Support Requirements Management,. *Proceedings of Australasian Computer Science Week (ACSW 2020), February 04 06*.



## Bilagor

White papers i bilagor är alla tidigare (2023) publicerade på LinkedIn.

- Ordlista
- Kravprocessen
- White paper 1: Introduktion kravprocess och terminologi
- White paper 2: Teoretisk bas för kravprocessers tillämpning
- White paper 3: Kravhantering i pilotprojekt, inklusive bilaga WS Kravförslag
- White paper 4: Erfarenheter av kravnedbrytning och kravpaketering
- White paper 5: Processtöd och mjukvara för byggbranschen, inklusive Instruktioner till hjälpmedel
- White paper 6: Erfarenheter av kravnedbrytning med två olika processtöd