



Nr C 561  
December 2020

# Loggbok för ett obrutet flöde av miljöinformation

Nya arbetssätt genom digitala ekosystem,  
blockkedja och digitala tvillingar.

Jeanette Green, Anders Ejlertsson, Frida Görman, Filip Sandqvist, Eva Stattin, Mattias Wohlén

**Författare:** Jeanette Green, Anders Ejlertsson, Mattias Wohlén, Frida Görman, Eva Stattin & Filip Sandqvist

**Medel från:** Boverket

**Rapportnummer** C 561

**ISBN** 978-91-7883-232-3

**Upplaga** Finns endast som PDF-fil för egen utskrift

© **IVL Svenska Miljöinstitutet 2020**

IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm

Tel 010-788 65 00 // [www.ivl.se](http://www.ivl.se)

Rapporten har granskats och godkänts i enlighet med IVL:s ledningssystem

## Förord

Denna rapport redovisar resultatet av ett forskningsprojekt finansierat inom utlysningen "Hållbart och innovativt Bostadsbyggande", Boverket. Författarna vill rikta sitt tack till alla branschföreträdare inom bygg- och fastighetsbranschen samt digitaliseringsledare inom andra sektorer som gett input till studien. Författarna riktar även sitt tack till övriga kollegor inom IVL som velat utforska vad digitaliseringen kan möjliggöra för tillämpning och bättre utnyttjande av miljödata för fastigheter.

# Sammanfattning

Genom detta projekt har vi haft möjlighet att utforska hur man med digitala lösningar, såsom digitala tvillingar av byggnader och blockkedjeteknik kan skapa obrutna och tillförlitliga flöden av miljöinformation under en fastighets totala livscykel. Vi har också haft möjlighet att närmare utforska vad som står i vägen för att denna typ av digitala lösningar ska få fäste i, och börja tillämpas som stöd under byggprocessen och den fortsatta förvaltningen av fastigheter.

Genom intervjuer och enkäter, med representanter från byggprocessens olika faser, har vi stärkt den bild som framkommit i andra projekt; att byggsektorns relativt låga digitala mognad utgör ett hinder för att nya arbetssätt ska utvecklas med digitalisering som stöd. I vår omvärldsanalys framkommer det dock att digitala tvillingar börjar bli allt mer förekommande inom byggsektorn. Framförallt är det så kallade dynamiska digitala tvillingar, där data som rör byggnadens värme- och ventilationssystem flödar och kan användas för att styra och optimera systemet, som etablerats i sektorn. Samtidigt visar resultaten från projektets genomförda workshops och intervjuer att digitala tvillingar som också innefattar information om byggmaterial i en loggbok skulle vara av värde. Under förutsättning att loggboken innehåller korrekt och uppdaterad information. En digital tvilling med en inkluderad loggbok skulle här kunna bidra med värde under hela byggnadens livscykel. När en dynamisk loggbok inkluderas i den digitala tvillingen blir det möjligt att få ut information i form av resurssammanställningar och nyckeltal. Kompletta klimatdeklarationer för byggnader är ett sådant exempel. På väg dit ser vi dock två steg som kan adresseras separat och tillsammans; ökad delning av data och en samordnad digital materialsammanställning utifrån vilken samtliga nyckeltal kring material i en byggnads livscykel kan besvaras och göras levande över tid. Då kan även nyckeltalen bli dynamiska.

Nya aktörer behöver knytas till ett informationsekosystem kring miljödata för byggmaterial för att stödja denna utveckling. För att upprätta ett sådant har vi därför identifierat och delat in aktörer i tre nivåer där den första avser aktörer som krävs för att upprätta ekosystemet som skulle kunna bjudas in att delta i liten skala. Den andra nivån avser aktörer som kan adderas efter hand som kan bjudas in efter det att ekosystemets regler och standarder bestämts och testats. Den tredje nivån beskriver istället aktörer som inte har ett naturligt värde i ekosystemet men som kan adderas för att skapa innovativa värden.

För att skynda på denna utveckling rekommenderar vi slutligen att:

- Digitala flöden av miljöinformation premieras vid upphandling.
- Man arbetar mot att fler aktörer ska vilja samverka i delning av data för att undvika inlåsningseffekter
- Att dessa aktörer ingår i de informationsekosystem där miljöinformation från byggmaterial premieras. Ekosystem som även kan generera nyckeltal och addera värde i fråga om exempelvis ett byggmaterials klimatpåverkan eller återbrukbarhet.
- Att, i fråga om utvecklingen av en loggbokstjänst som en del av en digital tvilling, fortsätta utforska de tre möjliga tillvägagångssätten för att motverka den hittills rådande informationsfragmenteringen, det vill säga ett designlett, ett integrationslett eller ett datalett arbetssätt

## Summary

In this project, we explore how digital solutions, such as digital twins of buildings and blockchain technology, can create uninterrupted and reliable flows of environmental information during a building's life cycle. We also explore, in more detail, what is preventing digital solutions, to be applied in the construction process and the continued management of buildings. Furthermore, interviews and surveys, with representatives from the various phases of the construction process, confirm and strengthen the conclusion that has emerged in other projects; that the construction sector's low level of digitalization is an obstacle for the development of new working methods using digital solutions.

In our analysis, however, it appears that digital twins are becoming increasingly common in the construction sector. Above all, so-called dynamic digital twins are being established in the sector. The main application of these twins is to monitor, control and optimize heating and ventilation of buildings. At the same time, according to workshops and interviews conducted in the project, digital twins containing a record of building materials could be of value throughout the building's life cycle. This especially if the record contains correct and updated information.

When a dynamic record of building material is included in the digital twin, it becomes possible to obtain information of built-in resources and to calculate key figures. Climate declarations for buildings are one example. To get there we propose two steps that can be addressed separately or together. The first is to increase data sharing and the second is to coordinate digital recording of material from which key figures concerning all stages in a building's life cycle can be answered and stored over time. Then the key figures too can be dynamic.

To support this development, new actors need to be linked to an information ecosystem around environmental data for building materials. In order to establish one, we have identified and divided actors into three levels. The first refers to actors required to establish the ecosystem at a startup level. The second level refers to actors that can be added gradually and, invited after the ecosystem's rules and standards have been established. The third level then describes actors who do not naturally have a place in the ecosystem but who can be added to create innovative values.

In order to accelerate this development, we recommend that:

- Digital flows of environmental information are rewarded in procurement.
- More actors in the ecosystem choose to work towards and enable the sharing of information between systems for technology and systems for environmental data. This is also needed to create new values.
- Meet the construction sector's need for development using a design, integration or computer approach. This to overcome obstacles in developing material records that serve as an asset in the digital twin.



# Innehållsförteckning

Sammanfattning .....	4
Summary.....	5
1 Digitaliserad miljöinformation banar väg för ökad spårbarhet .....	8
1.1 Syfte och mål.....	9
1.2 Genomförande.....	10
1.3 Disposition .....	11
2 Låg digital mognad och komplex bransch ger osäker information kring materialval.....	12
2.1 Ännu saknas krav på digital miljöinformation.....	12
2.2 Materialvalen knyts inte till specifika digitala identiteter förrän senare i materialvalsprocessen .....	13
2.3 Problem när produktinformation samlas i separata loggböcker utan koppling till det fysiska flödet .....	14
2.4 Standardisering nödvändig för att anamma digitalisering som stöd genom byggprocessen .....	16
3 Digitala tvillingar, ekosystem & blockkedja .....	18
3.1 Digital tvilling kan ge fördelar både före och under förvaltning.....	19
3.1.1 Byggsektorns digitala tvillingar har fokus på driftoptimering i förvaltning .....	20
3.2 Digitala ekosystemen öppnar för nya möjligheter genom att dela data .....	21
3.2.1 Digitala ekosystem i byggsektorn exkluderar byggmaterial .....	23
3.2.2 Digitala ekosystem bör inkludera en variation av aktörer .....	25
3.3 Blockkedjan; decentraliserad och pålitlig informationslagring.....	27
3.3.1 Flera användningsområden för blockkedjan i byggbranschen.....	28
3.3.2 Ökad spårbarhet och tillit driver blockkedjor på marknaden.....	30
4 Lång väg kvar till blockkedjan.....	31
4.1 Övergripande behovsanalys.....	31
4.2 Blockkedjan har viss potential att lösa problematik kring spårbarhet.....	32
4.3 Viktiga beslut att ta hänsyn till vid implementering av blockkedja.....	34
5 Loggbokstjänst via en digital tvilling.....	38
5.1 Loggbokstjänst via digital tvilling och produkt-API: er ger obrutet flöde av miljöinformation och nya nyckeltal.....	38
5.1.1 Blockkedjan som garanti för att information samlas in för rätt produkt.....	40



Rapport C 561 – Loggbok för ett obrutet flöde av miljöinformation – Nya arbetssätt genom digitala ekosystem, blockkedja och digitala tvillingar.

5.2	Loggbokstjänst via sammanställning från kalkylskedet ger samordning med klimatdeklarationer .....	41
5.3	Loggbokstjänst med hjälp av digitala ekosystem.....	42
5.3.1	Aktörer i det digitala ekosystemet .....	43
6	Slutsats och rekommendationer.....	47
	Referenser .....	49
	Bilaga 1. Digital kvalitetssäkring ger större tillit för miljödata .....	52
	Bilaga 2. Digitala inläsningar har gett fler klimatkalkyler .....	56
	Bilaga 3. Guide för implementering av blockkedjor .....	57
	Bilaga 4. Sammanfattning av intervjuer .....	59
	Bilaga 5. WS 1 och 2 – ekosystem för digitalt spårbar miljöinformation .....	62

# 1 Digitaliserad miljöinformation banar väg för ökad spårbarhet

Avsaknaden av ett obrutet och samordnat digitalt flöde av miljöinformation genom byggprocessen ligger som ett hinder för utvecklingen av tillförlitliga och kostnadseffektiva materialförteckningar som kan svara på behov av nyckeltal över hela byggnadens livscykel. Avsaknaden av dessa materialförteckningar hämmar i sin tur utvecklingen av cirkulära materialflöden och återbruk av byggmaterial.

Slutsatser från tidigare forsknings- och innovationsprojekt (se Green, et al. (2018) samt Ahlm, et al. (2020)) visar att det inte är bristande tekniska lösningar utan snarare avsaknaden av incitament hos de olika aktörer som ingår i byggprocessens värdekedja som hindrar utvecklingen av digitala informationsflöden. I dessa projekt konstateras att den digitala mognaden inom byggsektorn är förhållandevis låg och implementation av digital teknik generellt går långsamt inom sektorn. Digitaliseringstakten inom sektorn ökar dock och möjligheter till mer effektiva och hållbara arbetssätt är en av de främsta drivkrafterna. Samtidigt finns det fortfarande en stor potential och mer att göra, inte minst när det kommer till implementering av digitala stöd för ökat återbruk och cirkulära materialflöden.

Vår utgångspunkt är att digital teknik kan fungera som en möjliggörare för att följa byggprodukter, material och system i fastigheten. I detta projekt har vi visat på hur byggsektorn, med stöd av nya digitala arbetssätt, kan närma sig ett obrutet digitalt flöde av miljöinformation från tillverkning och vidare genom en byggnads kompletta livscykel. Detta från byggmaterialproducenten genom planering, projektering, produktion och vidare in i förvaltning och slutligen vid rivning av byggnaden och återcirkulering av produkten. Något som i sin tur skapar förutsättningar för ökat återbruk av byggmaterial och cirkulära materialflöden. Samtidigt som det skapar möjligheter att på både en mer produktspecifik nivå samt på en aggregerad fastighetsnivå få ut miljöinformation, exempelvis för en byggnads klimatpåverkan, från ax till limpa.

I projektet har vi tagit fasta på hur digitala kopior av byggnader, så kallade digitala tvillingar, kan vara en del av att skapa tillförlitlig och spårbar information för en byggnads ingående delar på ett sätt som upprätthålls under en byggnads hela livscykel. Med denna ansats har vi laborerat med potential och begränsningar i att använda blockkedjan som en teknik som kan garantera att informationsflödet för byggmaterialet är obrutet och spårbart. Vidare har vi lagt fokus på informationsflödets ekosystem. Det vill säga vilka aktörer som är involverade i flödet av miljöinformation inom byggsektorn idag. Vi har också tittat på hur drivkrafterna för tillämpning av digitala arbetssätt ser ut och vilka praktiska hinder som föreligger för att kunna implementera nya arbetssätt hos olika aktörer i byggprocessens värdekedja och den digitala miljöinformationens ekosystem,

För att påskynda digitaliseringen har vi i vårt arbete även inkluderat utvecklingen av två av byggsektorns digitala verktyg för miljöbeslut: *eBVD*, som är en branschstandard för hur miljö- och hälsoinformation om produkter som ingår i en byggnad deklarerar, samt *byggsektorns*



*miljöberäkningsverktyg* (BM), som är ett branschgemensamt verktyg för klimatdeklarationer av byggnader. Detta för att se hur de kan knytas till digitala tvillingar och bli en del av det digitala ekosystem som möjliggör att miljöinformationen för byggnaders ingående material blir spårbar över tid. Med detta helhetsgrepp är vi med och skapar förutsättningar för ett komplett digitaliserat informationsstöd för innovativt och hållbart bostadsbyggande. Med detta sagt går tankesättet att applicera oavsett byggnadstyp.

## 1.1 Syfte och mål

Syftet med projektet har varit att studera hur och i vilken utsträckning digitala lösningar kan bidra till att skapa ett samordnat digitalt flöde av miljöinformation i en byggnads livscykel med utgångspunkt och exempel i den digitala miljöinformationen från en eBVD. Vidare har projektet syftat till att undersöka vad eBVD i kombination med den digitala tvillingen och blockkedjan som bas kan erbjuda. Detta utifrån en plattform där nya innovativa affärsmodeller, produkter och tjänster kan utvecklas i ett ekosystem, där aktörer samverkar för att utveckla smarta, tillförlitliga och hållbara lösningar för bostadsbyggandet.

Huvudmålet med projektet har således varit att visa på hur byggsektorn kan skapa ett obrutet digitalt flöde av miljöinformation, som följer en byggnads kompletta livscykel men förblir spårbart tillbaka till tillverkaren. Detta genom stöd av nya digitala arbetsätt. För enkelhetens skull har vi valt att dela upp projektet i sex separata arbetspaket, varav några drivits i samverkan med parallella forskningsprojekt. Arbetspaketen har, genom att uppfylla följande delmål, svarat på syftet med projektet samt uppfyllt huvudmålet. Delmålen var:

- Ge en tydlig bild av vad som krävs för att loggboken ska hållas uppdaterad, levande och tillförlitlig under en fastighets totala livscykel.
- Visa på de utmaningar och möjligheter som skapas då en fastighets digitala tvilling innefattar en loggbok.
- Leverera en tydlig bild över möjligheter, hinder på vägen och eventuella risker för olika aktörer i värdekedjan för digitalt spårbar miljöinformation baserad på blockkedjan.
- Presentera vilka aktörer som bör ingå i ekosystemet för att utveckla smarta lösningar och nya värden i relation till ett tillförlitligt och spårbart digitalt flöde av miljöinformation.
- Beskriva de behov som finns kopplade till de nya funktioner, roller och ansvar som behöver utvecklas hos byggprocessens befintliga aktörer för att främja innovationer baserade på tillförlitligt och spårbart digitalt flöde av miljöinformation.
- Presentera en tydlig bild av vilka aktörer som kan tillföras till ekosystemet för att utveckla ett fullskaligt innovationsekosystem baserat på tillförlitligt och spårbar digital miljöinformation.
- Visa på vad som behöver genomföras för att skapa hög tillförlitlighet av digital miljöinformation på marknaden (eBVD).
- Utveckla stöd för att göra LCA beräkningar under byggprocessen med fokus på Byggsektorns Miljöberäkningsverktyg (BM1.0).

## 1.2 Genomförande

För att nå projektets mål har tillämpning av digitala tvillingar, blockkedjor och digitala ekosystem i genomförda och pågående projekt i byggbranschen samt andra branschen undersökts. Hur dessa kan kopplas till dagens flöde av miljöinformation har varit en del av detta.

För att ge en tydlig bild av vad som krävs för att en byggnads loggbok ska hållas uppdaterad, levande och tillförlitlig under en fastighets totala livscykel utgår projektet från en typisk materialvalsprocess i ett byggprojekt där flödet av miljöinformation kartläggs. Med detta som grund genomförs en omvärldsbevakning för att ta tempen på utvecklingen av digitala tvillingar i byggbranschen samt dialoger och diskussioner i såväl intervjuer med branschrepresentanter som genom workshoppar med personer insatta i ämnet.

Vidare undersöker vi pågående projekt vilka syftar till att upprätta en digital tvilling för en eller flera byggnader. Stor vikt läggs på att undersöka syftet bakom upprättandet samt den byggnadsrelaterade information som kopplas mot tvillingen. Med detta som grund visar vi på de utmaningar och möjligheter som skapas då en fastighets digitala tvilling innefattar en loggbok.

I detta projekt genomförs även en omvärldsbevakning över blockkedjans applicering i andra branscher. Detta görs för att undersöka möjligheter, hinder på vägen samt eventuella risker kopplade till en applicering av tekniken. Detta kompletteras med en litteraturstudie över blockkedjans tillämpning i byggbranschen samt applicering av en guide framtagen av PwC (2018). Guiden identifierar olika steg för implementering och används för att analysera blockkedjans möjliga implementering i bygg- och fastighetsbranschen. Se Bilaga 3 för en sammanfattning av guiden. Genom att använda identifierad guide från PwC, genomförd omvärldsanalys och litteraturstudie, workshops samt intervjuer med branschrepresentanter har blockkedjans roll relaterad till byggmaterials miljöinformation i byggsektorn utforskats.

För att presentera vilka aktörer som bör ingå i ekosystemet som undersöks i projektet utgår vi inom projektet från slutanvändarna av de produkter och tjänster som digital, tillförlitlig och spårbar miljöinformation kan resultera i. Vidare undersöks behov som finns kopplade till de nya funktioner, roller och ansvar som behöver utvecklas inom byggprocessens befintliga aktörer.

För att visa på vad som behöver genomföras för att skapa hög tillförlitlighet av digital miljöinformation på marknaden genomförs en omvärldsanalys där vi granskar analoga och digitala strategier för kvalitetssäkring av miljöinformation. Omvärldsanalysen har fokuserats på kvalitetssäkring förknippade med deklARATIONER och olika former av märkningar i byggsektorn samt inom livsmedelsindustrin och fordonsindustrin. Dessa kartläggningar och analyser används sedan för att beskriva vad som krävs för att digitala loggböcker, som svarar mot kraven på korrekt och tillförlitlig miljöinformation, ska kunna upprättas. Därefter tar vi inom projektet fram förslag på åtgärder i ett kvalitetssäkringssystem med utgångspunkt från ett digitalt arbetssätt.



Rapport C 561 – Loggbok för ett obrutet flöde av miljöinformation – Nya arbetsätt genom digitala ekosystem, blockkedja och digitala tvillingar.

För att erhålla ett utvecklat stöd för att göra LCA beräkningar under byggprocessen med fokus på Byggsektorns Miljöberäkningsverktyg (BM1.0). har en prototyp för en stödfunktion sammanställts som ser till att integreringen mellan olika externa mjukvaror och BM färdigställs. Detta tillsammans med en samordning av aktiviteterna hos de kommuner som fått medel av Energimyndigheten för att testa BM i projektet "Demonstrationsprojekt LCA-beräkningar".

## 1.3 Disposition

Resultatet från ovan beskrivna arbetsprocesser presenteras i följande fem delkapitel. I kapitel 2 ger vi först en bakgrundsbild till dagens digitala mognad kring miljöinformation och utmaningar kring att erhålla ett obrutet flöde av miljöinformation. I kapitel 3 ger vi en bakgrund till de digitala möjliggörare som undersöks i detta projekt. I kapitel 4 testar vi blockkedjan medan vi i kapitel 5 ger en färdplan för att nå målet om att en digital tvilling ska kunna innefatta en loggbok. Slutligen sammanfatta vi våra slutsatser och ger vidare rekommendationer utifrån dessa i kapitel 6.

Eftersom arbetet med ökad trovärdighet kring miljöinformation och utökat stöd för livscykelanalyser är oberoende av den digitala tvillingens utveckling redovisas dessa separat i Bilaga 1 och 2. Resultatet från intervjuer och workshoppar används i flera delkapitel men sammanställs också i sin helhet i Bilaga 4 och Bilaga 5.

## 2 Låg digital mognad och komplex bransch ger osäker information kring materialval

Det faktum att miljöinformationen för byggmaterial inte följer flödet för den fysiska produkten genom byggprocessen är ett av de främsta hindren för ökat återbruk av byggmaterial. För att sätta utmaningen i en kontext har vi i detta projekt sammanfattat hur materialvalsprocessen i ett byggprojekt ser ut idag. Detta för att bättre kunna beskriva vad som krävs för att ett obrutet digitalt flöde av miljöinformation ska komma till stånd. Vi har också sammanfattat de hinder vi ser för utvecklingen av det digitala flödet för miljöinformation.

I syfte att förstå våra argument introducerar vi först vad vi menar med några centrala begrepp:

### Obrutet digitalt flöde

*Med ett obrutet digitalt flöde av miljöinformation menar vi att det ska gå att spåra informationen tillbaka till materialtillverkaren oberoende av var den lagras digital. På detta sätt anser vi att man bäst upprätthåller informationens kvalitet över tid.*

### Loggbok

*Extern sammanställning av ett byggprojekts ingående material till vilken underlag om dess miljöprestanda kan knytas.*

### eBVD

*Den elektroniska versionen av en byggvarudeklaration (BVD), byggbranschen gemensamma format för deklarerat av miljöprestanda för byggmaterial.*

## 2.1 Ännu saknas krav på digital miljöinformation

I sammanhang där olika sektors digitala mognad jämförs brukar byggsektorn omnämnas som en av de sektorer som hamnat på efterkälke. Bakomliggande orsaker till den låga digitala mognaden är enligt Zihao, et al. (2018) en låg grad av digitalisering, kortvariga samarbeten och ineffektiv förvaltning. Bilden av låg digital mognad i byggsektorn förstärks av Myndigheten för tillväxtpolitiska utvärderingar och analysers rapport (2017) om de minst digitalt mogna branscherna i Sverige. Vidare styrks detta ytterligare av Klaus Nyengaard i cdbb:s rapport, som beskriver byggsektorn som den minst digitala industrin med i det närmste obefintligt nyttjande av den data som finns tillgänglig (Lamb, 2018).

Tidigare projekt, exempelvis Green, et al., (2018) visar att det trots detta råder konsensus bland byggsektorns aktörer om att digitalisering av information är en av de faktorer som skulle driva på och öka byggsektorns digitala mognad. Samtidigt kan vi konstatera att det fortfarande inte ställs några krav på att t.ex. miljöinformation ska samlas in digitalt. Idag är det istället framförallt krav på miljöcertifiering eller loggbok i något av marknadens bedömningssystem som driver efterfrågan på miljöinformation och miljöbedömningar av byggprodukter.

Miljöinformation för byggmaterial kan samlas in via flera olika datablad och deklARATIONER beroende på vilken miljöinformation som efterfrågas. Några av dessa dokument är säkerhetsdatablad (SDB)<sup>1</sup> för deklARATION av kemiska produkter, miljövarudeklARATION (EPD) för miljöpåverkan ur ett livscykelperspektiv och byggvarudeklARATION (BVD) som beskriver vad en byggprodukt innehåller och hur den ska hanteras (både på byggarbetsplatsen, i brukande av produkten samt vid rivningsfasen). I BVD:n går det även att fylla i resultatet från framtagen EPD och deklARATIONEN fungerar därmed som ett samlingsdokument för den miljöinformation som finns framtagen för specifika byggprodukter och material.

För att möjliggöra för digitalisering av miljöinformation för byggmaterial finns eBVD:n vilken, som namnet antyder, är en elektronisk BVD. Genom inmatning i eBVD-verktyget blir informationen i BVD:n digital och möjliggör maskininläsning. För närvarande är eBVD marknadens enda digitala samlingsdokument för miljöinformation i den bemärkelsen att den via API:er möjliggör för digital inläsning. eBVD kan därför komma att spela en avgörande roll för att säkerställa digital spårbarhet av miljöinformation för byggmaterial.

Med denna anledning av detta kan det således anses problematiskt att varken miljöcertifieringar eller bedömningsföretag på marknaden ställer krav på att miljöinformationen samlas in digitalt exempelvis via eBVD:er<sup>2</sup>. Avsaknad av krav på digitalisering från dessa aktörer kan därför ses som ett hinder och en bromskloss på vägen mot digital miljöinformation i byggbranschen.

## 2.2 Materialvalen knyts inte till specifika digitala identiteter förrän senare i materialvalsprocessen

Processen att välja material till en byggnad är komplex och omfattar ett flertal aktörer och steg. Som en konsekvens är det svårt att med säkerhet veta vilken produkt och vilka byggmaterial som faktiskt byggts in i den färdiga byggnaden. Det är därmed inte heller säkert att den loggbok som upprättats överensstämmer med det som den färdigställda byggnaden består av.

När en byggnad projekteras styr byggherren projekteringen genom att upprätta en kravspecifikation. Under den tid det tar att projektera byggnaden, ritas och konstrueras den i

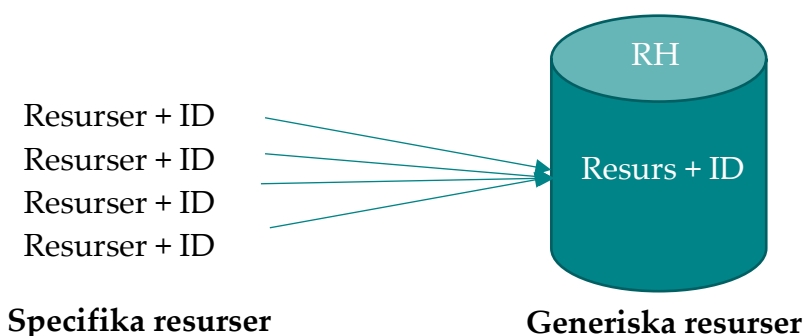
---

<sup>1</sup> SDB deklARATION av särskilda kemiska produkter, innehåller data om farliga egenskaper, risker samt skyddsåtgärder som ska vidtas.

<sup>2</sup> Undersökta bedömningsföretag är BASTA, SundaHus och Byggvarubedömningen (BVB), studerad miljöcertifiering är Miljöbyggnad 3.0.

flera steg och öppnar till en början upp för olika lösningar som ställs mot varandra. Allt eftersom lösningar fastställs blir kravspecifikationen mer och mer låst (Eckerberg, et al., 2019).

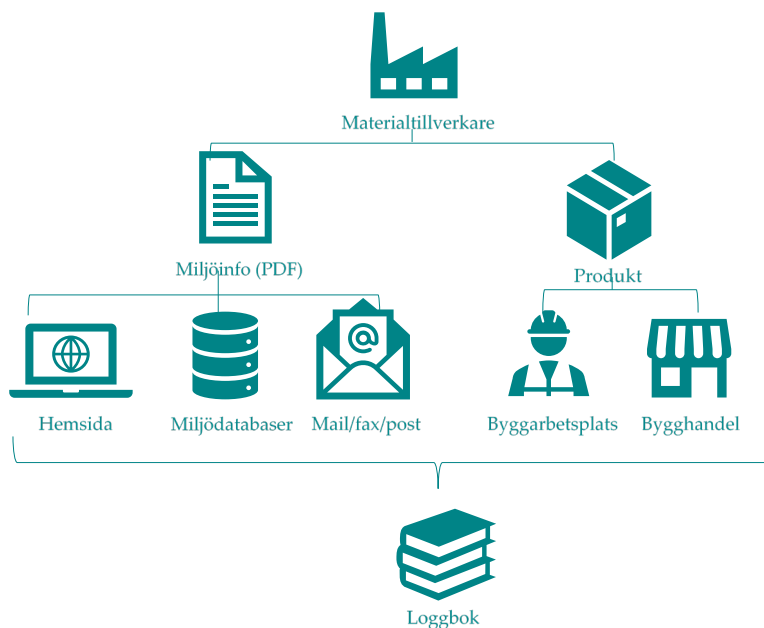
Byggprocessen påbörjar urvalet av material baserat på generiska data. Det är dock specifika data som krävs för att skapa en specifik loggbok. Flödet från generisk till specifik information kan i dagsläget inte följas digitalt. Digitalisering av detta flöde skulle däremot vara ett viktigt steg mot en loggbok som innehåller korrekt och uppdaterad information. För att möjliggöra detta flöde krävs en koppling mellan generiska och specifika produkter. I rapporten *"Framtidens smarta digitala miljöberäkning - introduktion till resurshubben"*, menar Martin Erlandsson, IVL, (2017) att denna koppling skulle kunna genomföras med en unik identifikator för generiska resurser och en för specifika resurser (se Figur 1). Flera specifika resurser skulle därmed kunna kopplas till en generisk resurs. I Smart Built Environments (SBE) beskrivningar av Resurshubben (RH) fokuseras det på livscykelinformation i form av miljövarudeklarationer (EPD). Det poängteras dock att detta arbetssätt även kan appliceras på sammanställning av annan typ av information, exempelvis eBVD (Erlandsson, 2017).



Figur 1 Visualisering av specifika resurser med identiteter som förhåller sig till generiska resurser i resurshubben (RH) via unika identiteter (ID) (Erlandsson, 2017)

## 2.3 Problem när produktinformation samlas i separata loggböcker utan koppling till det fysiska flödet

Något som ytterligare adderar till komplexiteten för att säkerställa ett obrutet flöde av miljöinformation, är att miljöinformation kopplat till en produkt inte följer produktens flöde genom byggprocessen. Detta då miljöinformationen separeras från produkten när denna lämnar materialtillverkaren, se Figur 2 nedan.



Figur 2 Miljöinformationens flöde följer inte produktens fysiska flöde (Green, et al., 2018).

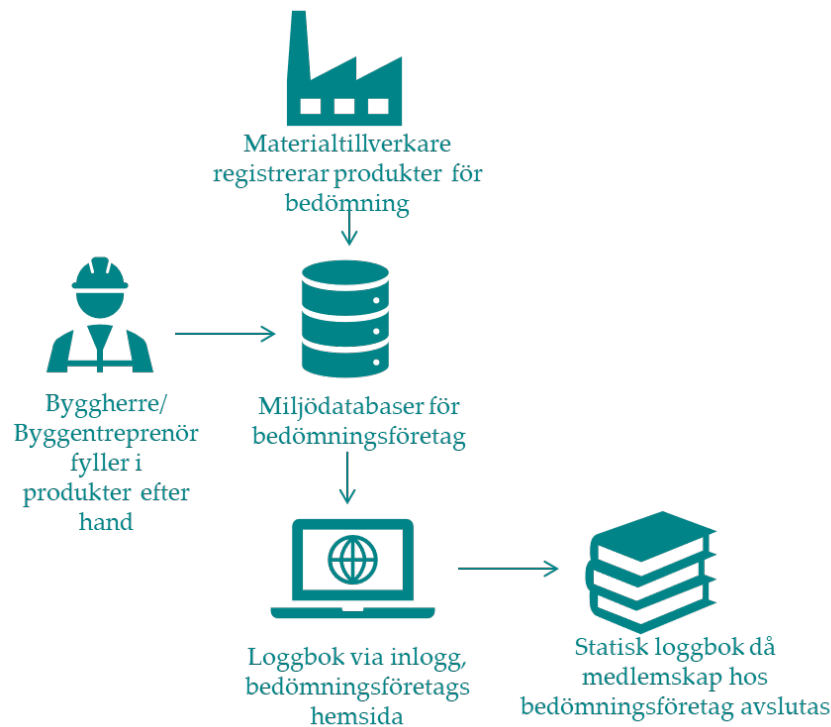
Istället för att följa med i produktens fysiska flöde går miljöinformationen vidare i ett separat flöde. Miljöinformationen sammanställs ofta i PDF-filer, som sedan kan laddas ner via exempelvis företagets hemsida eller miljödatabaser. Det förekommer även ytterligare sätt att kommunicera miljöinformation, detta exempelvis via mail, fax eller post, som därefter förs vidare för att hamna i en digital eller analog loggbok (Green, et al., 2018).

Loggböcker i byggprojekt kan tas fram på flera olika sätt. Allt vanligare är att de tas fram via så kallade bedömningsföretag (Boverket, 2015). I framtagandet av loggböcker har bedömningsföretagen två roller. Den första är bedömning av själva produkten och den andra är att erbjuda en sammanställning av byggprodukterna i en loggbok. Producenter av byggvaror kan därmed mot en avgift få sina produkter registrerade och bedömda hos något av bedömningsföretagen. Den som sedan önskar att upprätta en loggbok för sitt aktuella byggprojekt kan skaffa ett abonnemang. Via detta abonnemang får man sedan tillgång till bedömningen av själva produkten och även möjligheten att via bedömningsföretaget upprätta en loggbok (Boverket, 2015).

När ett byggprojekt använder sig av ett bedömningsföretags tjänster letar de upp motsvarigheten till de byggprodukter som används i det aktuella bedömningsföretagets databas. På så sätt får de tillgång till information om byggprodukten uppfyller kraven för byggprojektet. De kan även registrera använd mängd och var i byggnaden som byggprodukten används. En mindre undersökning från Boverket (2015) visar att det dock inte är särskilt vanligt att produkternas mängd och placering registreras.

Något som ytterligare komplicerar för ett obrutet flöde av miljöinformation är att flertalet av dem som tillämpar bedömningsföretagens loggböcker väljer att avsluta sina abonnemang för loggbokstjänster hos bedömningsföretagen när byggprojektet är avslutat. Loggboken blir därmed ett statiskt dokument i form av ett utdrag från bedömningsföretaget, se Figur 3. Detta

bidrar i sin tur till att loggboken inte uppdateras med materialinformation vid eventuell tillbyggnad eller renovering (Boverket, 2015).



Figur 3 Exempel på upprättande av loggbok utifrån tolkning av Boverket (2015). Visar hur entreprenören eller byggherren upprättar ett abonnemang hos aktuellt bedömningsföretag och använder deras databas med registrerade och bedömda produkter. När byggprojektet står klart avslutas abonnemanget hos bedömningsföretaget och loggboken blir ett statiskt dokument.

## 2.4 Standardisering nödvändig för att anamma digitalisering som stöd genom byggprocessen

För att gå från analog till digital information behöver byggsektorn enligt Ekholm (2013) uppfylla tre olika delar. Den första delen är *begrepp*, där ett gemensamt språk används, vilket kan begripas och tolkas av samtliga parter och system. Det andra är *processen* för att hantera och dela information, vilket måste ske på ett gemensamt sätt för att säkra effektivitet och kvalitet. Den tredje delen är *teknik*, där vikten av att olika IT-system behöver kunna kommuniceras med varandra poängteras (Ekholm, et al., 2013). För att uppfylla samtliga delar krävs standardisering av de begrepp, processer och den teknik som används.

Standardisering av information skulle också, utöver att det är nödvändigt för digitalisering och spårbarhet för de produkter som används, kunna innebära att både byggprocess och förvaltning kan effektiviseras. Det skulle också bidra till att man har underlag för utveckling och ständig förbättring (Green, et al., 2018). Standardisering och digitalisering kan även





Rapport C 561 – Loggbok för ett obrutet flöde av miljöinformation – Nya arbetsätt genom digitala ekosystem, blockkedja och digitala tvillingar.

möjliggöra för miljöinformation att följa med produkten samt automatisera och effektivisera produktionen av en byggnad och leda till ständig förbättring.

## 3 Digitala tvillingar, ekosystem & blockkedja

Tillämpningsområdena för digitala tvillingar och blockkedjeteknik samt delning av data i digitala ekosystem blir allt fler. Numera appliceras dessa i allt från uppbyggnaden av smarta städer till spårning av var en specifik mango odlats. Digitala tvillingar har relativt nyligen etablerats i byggsektorn medan digitala ekosystem, där olika aktörer samlas kring och utbyter digital information, försiktigt börjar växa fram. Blockkedjetekniken är, med undantag från tillämpning inom transaktioner för kryptovalutor såsom bitcoin, i dagsläget relativt utforskad. Teknikens potential börjar dock skönjas inom exempelvis livsmedel-, gruv- och diamantindustrin, men är ännu relativt obeprövad i byggsektorn. Drivkrafterna till att implementera tekniken och förutsättningarna för att implementera dem kan skilja mellan olika sektorer. För att spegla utvecklingen har vi valt att belysa några av de fördelar och möjligheter som tekniken öppnar upp för, men också några av de hinder och utmaningar som behöver mötas för att tekniken ska komma till sin rätt.

Då det rör sig om tämligen nya begrepp, som kan vara vaga och svåra att få grepp om, inleder vi med en kort beskrivning av begreppen:

### **Digitala ekosystem**

Ett digitalt ekosystem bygger på samarbeten och digitalt informationsutbyte mellan olika aktörer. På så sätt utgör de en form av värdenätverk (Telia, 2017a). En viktig del i de digitala ekosystemen är att skapa förutsättningar för utbyte av information mellan olika parter (Atea, 2017). Genom denna delning av data mellan olika aktörer ska uppkomsten av nya eller förbättrade erbjudanden för produkter och tjänster gynnas (Telia, 2017a).

### **Digital tvilling**

En så kallad "genetisk" kopia av exempelvis en fabrik, ett fordon eller en fastighet. Med den digitala tvillingen kan olika händelser simuleras för att se hur objektet reagerar. De mätvärden som samlas in kontinuerligt från objektet kan exempelvis användas för att övervaka drift samt planera underhåll. För att kunna lita på den digitala tvillingen behöver den således vara väldigt lik det verkliga objektet (Ramböll, 2020) (MagiCAD, 2020).

### **Blockkedja**

Blockkedjor kan erbjuda ökad transparens och tillit samt effektivare processer i komplexa leverantörsled. Tekniken är kanske mest känd som tekniken bakom kryptovalutan bitcoin men kan även användas inom ett flertal olika områden (Zihao, et al., 2018). Några möjligheter med blockkedjor är att transaktioner kan spåras i realtid där mellanhänder kan undvikas. Blockkedjor möjliggör även för uppförandet av självgenomförande kontrakt (smarta kontrakt) (Ganeriwalla, et al., 2018).

## 3.1 Digital tvilling kan ge fördelar både före och under förvaltning

Utvecklingen av digitala tvillingar har tagit fart i takt med att fysiska objekt utrustats med teknik som gör att de kan anslutas till och kommunicera via internet. Detta samtidigt som att möjligheterna att överföra, lagra och analysera data har blivit allt mer omfattande.

*"En digital tvilling är en digital modell av en ny eller befintlig byggnad som innehåller all relevant information om byggnaden som samlas in under projektering och byggande alternativt under förvaltningsfasen" (SWG, 2020)*

Idag är det möjligt att utrusta byggnader med sensorer som i realtid eller vid specifika mätpunkter hämtar information om allt från byggnadens status, såsom temperatur eller luftfuktighet, till hur byggnadens olika system för exempelvis el, värme, vatten och ventilation fungerar. Allt oftare används de digitala tvillingarna också för att göra simuleringar och prognoser. Här nyttjar man den egna byggnadens data eller tillför annan data för att analysera olika mönster, testa olika scenarios och använda dessa som beslutsstöd för att optimera och effektivisera.

*"Innehållet i en digital tvilling för fastigheter kan i grova drag sammanfattas av fyra delar. En konstruktions- och designdatadel, en del för underhållsprogramvara, en med verkliga data från IoT och sensorer i byggnaden och en med feedback från användarna. Denna information kan sedan bland annat utnyttjas i fastighetsförvaltning, katastrofoptimering, utrymmeshantering, samt vid analys och simulering av byggnaden." (MagiCAD, 2020).*

På många håll lyfts fördelarna med de digitala tvillingarna fram. Enligt Ramböll (2020) kan den digitala tvillingen, om den används på rätt sätt, bidra till effektivare förvaltning. Detta exempelvis då uppdateringar i realtid möjliggör bättre planering av underhåll. MagiCAD (2020) menar att den digitala tvillingen kan bidra med effektivisering redan innan den fysiska byggnaden är på plats. Byggnaden kan därmed testas redan i planeringsfasen vilken skulle kunna bidra till stora ekonomiska besparingar jämfört med om byggnaden testas när den redan är byggd (MagiCAD, 2020).

Det finns två huvudtyper av tillämpningar av digitala tvillingar: dynamisk och statisk. En *dynamisk digital tvilling* innebär att data från det fysiska objektet, i detta fall byggnaden, kontinuerligt skickas till den digitala tvillingen. Informationen kan exempelvis komma från en byggnads ventilationssystem, som överför data och information som är av intresse för att kunna styra och optimera systemet. Den digitala tvillingen kan sedan använda denna data för att i realtid ändra inställningar i temperatur och luftflöden eller rapportera eventuella fel.

I en *statisk digital tvilling* ändras istället data från det fysiska objektet mer periodisk över längre tidsintervall. Den digitala tvillingen uppdateras i takt med långsiktiga investeringar som är av intresse att dokumentera och följa över tid. Användningsområdet för denna typ är främst strategisk planering. För en byggnad kan det exempelvis röra sig om data

kopplat till byggnadens material, något som är förhållandevis statiskt och bara ändras eller läggs till vid renovering eller tillbyggnad. Denna modell har även kommit att kallas för "digital skugga" (Lamb, 2019).

Vad som ingår i den digitala tvillingen för en byggnad kan därmed komma att beskrivas på olika sätt. Tillämpningsområdena och utvecklingsmöjligheterna för den dynamiska respektive statiska digitala tvillingen skiljer sig också åt och det finns därför anledning att hålla isär begreppen när man tittar på den digitala tvillingens potential inom byggsektorn.

Att information till den digitala tvillingen kontinuerligt fylls på och förädlas är något som SWG (2020) poängterar. Vidare beskriver SWG att den digitala tvillingen kan bidra med stora fördelar i drift- och underhållsarbete, men att den stora kundnyttan ges då den digitala modellen kopplas ihop med en assetdatabas (databas med byggnadens ingående objekt) vilken integreras i fastighetssystemet. Med hjälp av denna sammankoppling kan exempelvis en arbetsorder skapas om en komponent felanmälts, där information om reservdelar hämtas direkt ur registret (SWG, 2020). Andra fördelar är även sammankopplingen med IoT där data som exempelvis temperaturgivare kan integreras i tvillingen (SWG, 2020) (MagiCAD, 2020) (Ramböll, 2020).

### 3.1.1 Byggsektorns digitala tvillingar har fokus på driftoptimering i förvaltning

Inom byggsektorn har digitala tvillingar blivit allt vanligare. Det stora flertalet av de projekt vi identifierat befinner sig i ett tidigt skede och i huvudsak ligger fokus på driftoptimering och dynamiska digitala tvillingar. De projekt vi studerat närmare inom ramen för detta projekt är: Försäkringskassan på Telefonplan i Stockholm, A Working Lab på Chalmers i Göteborg, Pilotprojekt på LKF (Lunds kommuns fastighetsbolag) i Lund samt Campus Örebro Universitet. Vi har även tittat på det digitala språket RealEstateCore, som är specifikt framtaget för att skapa kontroll över data och system i digitala tvillingar (Digigov, 2020).

I projekten som ingick i vårt arbete läggs stort fokus på energioptimering via kontinuerlig insamling av data, men det finns även andra fokusområden. Försäkringskassan på Telefonplan i Stockholm använder exempelvis sin digitala tvilling för att visualisera inomhusklimatet (Vasakronan, 2019) och LKF hoppas på att den digitala tvillingen ska kunna underlätta felanmälning från boende (LKF, 2020).

Kontorshuset A Working Lab fungerar istället som experimentverkstad för digitalisering av fastighetsbranschen. Projektet syftar bland annat till att möjliggöra för tekniker som smarta telefoner, läsplattor eller VR-glasögon, att kunna läsa av och se byggnadens olika skikt och informationslager och därmed kunna klicka sig fram till den information man söker (Fastighetstidningen, 2018) Genom att även samla in information om de som befinner sig i byggnaden hoppas Peter Karlsson, innovationsledare på Akademiska hus, att lokaler i framtiden kan nyttjas på ett smartare sätt (Fastighetstidningen, 2018).

I ett pilotprojekt på LKF (Lunds kommuns fastighetsbolag) ser man potentialen i att använda en digital modell över sina bostäder för att underlätta för förvaltare och göra det enklare för



de som bor i byggnaden. Förhoppningen är att boende ska kunna göra felanmälningar genom att peka ut dem direkt i den digitala modellen (digitala tvillingen). I projektet skannas därmed befintliga byggnader med hjälp av bland annat drönare för att därmed samla in data till den digitala tvillingen (LKF, 2020).

Akademiska Hus och Örebro universitet arbetar med att inkludera både inomhus- och utomhusytor i den digitala tvillingen (Akademiska Hus, 2019). Den digitala tvillingen ska sedan kopplas till byggnadsrelaterade data och sensorer, som förutom energianvändning även ska visa hur byggnaderna används och "hur de mår". Utöver drift och underhåll kommer modellen även möjliggöra för annan information som fastighetsägaren kan ha intresse av att integrera, likt inventering av förvaltningsinformation. För att uppnå detta 3D-skanna företaget Zynka BIM över 100 000 kvadratmeter av Örebros Universitet (Svensk Byggtidning, 2019).

*"Det här kommer att förändra sättet vi planerar och bygger, men framför allt förvaltar och använder fastigheter i framtiden" – Daniel Månsson, Business Area Manager på Zynka BIM (Svensk Byggtidning, 2019).*

Vasakronan (2019) menar att språket RealEstateCore möjliggör kommunikation mellan olika system i byggnader och används i den digitala tvillingen. För att använda RealEstateCore krävs att man har en plattform för datahantering som kan byggas på olika molnlösningar. Vasakronan har valt Microsoft Azure, men det går att använda andra molntjänster (BIM Alliance Sweden, 2018).

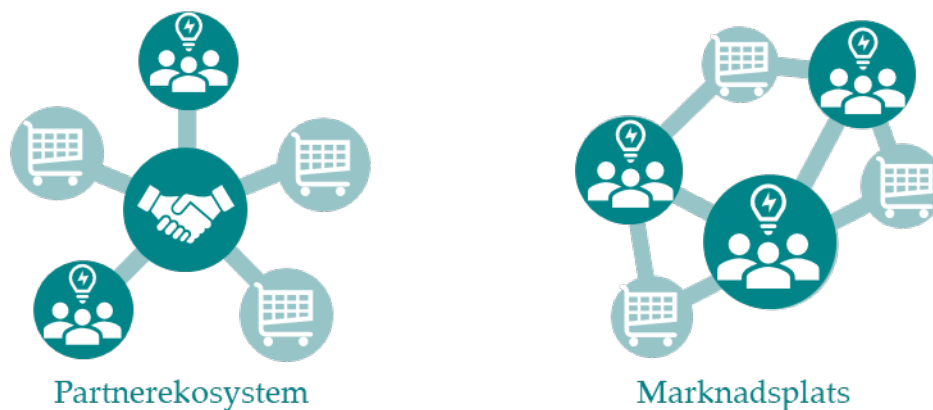
*"Genom att skapa ett gemensamt språk för all digital information i byggnaden blir det möjligt att övervaka, styra och optimera driften, vilket i sin tur kan leda till sparad energi eller bättre inomhusklimat" – Christoffer Börjesson, chief digital officer på Fastighetsägarna Sverige (Vasakronan, 2019).*

## 3.2 Digitala ekosystemen öppnar för nya möjligheter genom att dela data

Ett digitalt ekosystem kan beskrivas som en grupp sammankopplade objekt som kan utbyta t.ex data med varandra och som, om och när man önskar, kan fungera som en enhet. Ett digitalt ekosystem bygger på interoperabilitet, det vill säga när två eller flera system kan utbyta och också använda informationen som de får från varandra. Det kan bestå av data mellan olika applikationer och tredjepartsleverantörer av datatjänster, men också utbyte mellan organisationer. Det kan till exempel handla om att ett företag kan samlas kring och utbyta data med sina leverantörer, kunder och partners i ett och samma system.

*"De digitala ekosystemen karakteriseras ofta av en mix av olika aktörer som samverkar. Vilken roll varje deltagare har i ekosystemet kan variera över tid" – Martin Glaumann, Arthur D Little (Telia Company, 2016).*

Syftet med att utveckla digitala ekosystem är ofta att ta fram nya eller förbättrade erbjudanden i form av tjänster eller produkter. Detta kan ses som en kontrast till traditionella värdekedjor mellan företag och konsumenter, menar Telia i rapporten "Smartare städer för ett hållbart samhälle", som tagits fram av Telia Company och konsultföretaget Arthur D. Little (Telia Company, 2017). Vidare menar Telia (2017) att digitala ekosystem kan byggas upp på olika sätt och beskriver två huvudgrupper: "partnerekosystem" och "marknadsplatser", se Figur 4. Båda innebär att användning av delade data möjliggörs.



Figur 4. Det finns två huvudgrupper av digitala ekosystem; partnerekosystem och marknadsplats

Det som skiljer ett partnerekosystem från en marknadsplats är att partnerekosystem har en huvudaktör som utgör nod och fungerar som länk mellan kund och ekosystemets resterande aktörer. Huvudaktören samlar in de övriga aktörernas erbjudanden och kommunicerar dessa vidare till kunderna. För marknadsplatser kan ekosystemets olika aktörer istället kommunicera sina erbjudanden direkt till kunden. Den aktör som skapat själva marknadsplatsen behöver inte själv ha någon kontakt med marknadsplatsens kunder. Denna typ av ekosystem förutspås bli populär för skapandet av smarta städer där offentliga och privata aktörer möts på en gemensam plattform (Telia, 2017a)

Många organisationer upplever att de integrationer som krävs för att kunna skapa och ingå i digitala ekosystem kan vara utmanande. Något som kan vara extra utmanande är när man ska integrera andra aktörers data i företagets eller organisationens egna processer. I praktiken kan detta vara svårt för många företag, menar Stefan Fast, chefsarkitekt hos IT-företaget Atea (2017). Han menar vidare att den tekniska biten, att förbereda systemen på att släppa ifrån sig och ta emot data, i sig inte är särskilt komplicerad.

Utvecklingen av standarder för datautbyte beskrivs ofta som centralt för att lyckas med digital transformation. Samtidigt beskrivs bristen på standardiserade system för hur data ska utbytas som en av de stora utmaningarna för dem som vill utveckla eller bli en del av ett digitalt ekosystem. Förklaringarna till detta är flera. Att de digitala ekosystemen kräver en helt ny öppenhet, men också en större helhetsförståelse, är några av förklaringarna till att detta upplevs som utmanande, menar Kalle Hultenheim, vd Atea Sverige i en artikel i Voister (Voister, 2017). Ovanan av att sätta fokus på slutanvändare av de lösningar som ska komma ur de digitala ekosystemen och otydligheter om vilken nytta det kommer att generera för den egna verksamheten är andra exempel på vad som hindrar utvecklingen.



I digitala ekosystem finns goda möjligheter att generera betydande värde. Detta om man har en tydlig bild av varför man ingår och vad man vill få ut av sin medverkan i ekosystemen. TechTarget Network, en plattform för delning av kunskap och insikter inom datadriven utveckling. De påpekar även att tydliga strategier skapar förutsättningar för kärnverksamheten att växa samtidigt som det kan bidra till att portföljen av nya produkter och tjänster kan utvecklas (TechTarget, u.d.).

*"Att välja att lägga fokus på att integrera andras data i sina egna processer, när det finns interna utmaningar med högre prioritet, är dock en tanke som många är ovana vid"*

- Stefan Fast till Ateas blogg Atea Tomorrow (2017).

Hittills finns de flesta och bästa exemplen på digitala ekosystem att finna inom utbildning, bank- samt medicin- och hälsosektorn. Bilindustrin är ytterligare ett exempel på en sektor som börjat tillämpa digitala ekosystem (TechTarget, u.d.). TechTarget (u.d.) menar att biltillverkare tidigare antingen skapade en allians med en originalutrustningstillverkare eller byggde avtal med hundratals olika leverantörer för att erhålla och löpande upprätthålla en bils nödvändiga delar. Vidare beskriver TechTarget att utbytet av information mellan biltillverkare och deras leverantörer i allt större utsträckning sker via digitala ekosystem. I bilindustrins fall innebär detta att flera partners från olika industrier och länder är sammanknutna till ett ekosystem (TechTarget, u.d.).

Många ledande initiativ som rör digitala tvillingar och digitala ekosystem för den byggda miljön kommer från Centre for Digital Built Britain (CDBB); ett partnerskap mellan Storbritanniens Department of Business, Energy & Industrial Strategy och University of Cambridge. Partnerskapet drivs för att hjälpa bygg- och infrastruktursektorerna att utvecklas med digitalisering som stöd. En del av deras satsning är att utveckla ett program för en "Nationell Digital Tvilling" och beskriva hur ett ekosystem av uppkopplade digitala tvillingar kan främja utvecklingen av den byggda miljön. CDBB menar att samlingen kring en nationell digital tvilling för med sig fördelar som kan beskrivas ur olika perspektiv:

- samhällsnytta i form av bättre service och nya värden,
- ekonomiska vinster genom samordning
- affärsutveckling och innovationer som kommer ur att få tillgång till stora mängder data samt
- miljönytta, då de digitala tvillingarna och ekosystemen kring dessa skapar förutsättningar för optimering och effektiv resursanvändning.

### 3.2.1 Digitala ekosystem i byggsektorn exkluderar byggmaterial

Det finns en rad exempel för testbäddar och pilotprojekt i byggsektorn som hanterar delning av data i digitala ekosystem. Gemensamt för samtliga av de projekt som identifierats i vår omvärldsanalys är att de inte inkluderar data kopplat till byggmaterial. Fokus för majoriteten av projekten ligger istället på insamling av data via sensorer och IoT. Samtliga av de dessa är även dynamiska, i den mån att data kontinuerligt uppdateras med



korta tidsspänn. Flera av projekten hanterar digitala ekosystem applicerade på smarta städer och inkluderar data och modellering för energiflöden och/eller energieffektivisering samt vatten och transport. I Tabell 1 nedan redovisas de projekt vilka studerats.

**Tabell 1 Projekt med digital tvilling som ingår i omvärldsbevakningen.**

Projektnamn	Facilitator/PL	Område	Statisk/dynamisk
<b>Stadens kontrollrum</b>	Mälarenergi	Delning av data	Dynamisk
<b>Copenhagen City Data Exchange</b>	Copenhagen solution Lab	Delning av data	Dynamisk
<b>City as a platform</b>	RISE	Delning av data	Dynamisk
<b>Fastighetsdatalabbet</b>	RISE, RealEstateCore	Delning av data	Dynamisk
<b>Smarter City Labs</b>	Helsingborgs kommun	Delning av data	Dynamisk
<b>Digital Twin Cities</b>	Chalmers tekniska högskola	Delning av data	Dynamisk
<b>The Genimi Principles</b>	Center for digital Built Britain	Delning av data	Dynamisk

De studerade projekten hanterar delning av data på allt från stadsdelsnivå till nationell nivå. Projektet *Stadens kontrollrum* ska bidra till bättre samordning och kontroll på resurser. Detta genom att möjliggöra för delning av information, vilket förutspås vara avgörande i en eventuell krissituation (Telia, 2017b). Informationen som man avser att dela i detta ekosystem samlas bland annat in via ca 150 000 sensorer för el-, vatten och värmemätning från Mälarenergi, det kommunalägda energibolaget i Västerås. I detta exempel blir det digitala ekosystemet ett nytt sätt att skapa en infrastruktur och samla in informationen. Även andra aktörer, privata som offentliga, har ett stort antal sensorer vilka hanterar informationen i separata system (Telia, 2017b).

*Copenhagen City Data Exchange* i Köpenhamn syftar till att skapa ett samarbete mellan privata och offentliga aktörer för att möjliggöra ett utbyte av data dem emellan. Projektet ska därmed undersöka hur man kan sälja, köpa och dela data mellan ett flertal olika användare i staden. Medborgare, offentliga institutioner och privata aktörer ingår i ekosystemet (Copenhagen Solution Lab, 2020). Projektets vision är att plattformen ska möjliggöra för innovativa produkter och tjänster som inspirerar, höjer livskvalitén i Köpenhamnsområdet, stimulerar affärsutveckling och hjälper staden att nå klimatneutralitet 2025 (Copenhagen Solution Lab, 2020).

Vinnovaprojektet *City as a platform* är ett innovationsprojekt där 18 kommuner utforskar, implementerar och samverkar kring gemensamma IoT-plattformar som stöd för samhällsnytta i städerna. Projektet går ut på att organisera och standardisera den data som produceras via IoT i en stad för att sedan koppla den till en och samma molntjänst med gemensamma API:er. När flera städer arbetar på samma sätt utifrån samma språk och standarder kan städerna sedan dela data med varandra (RISE, 2019)

*Fastighetsdatalabbet* och *Smarter City Labs* är två av totalt åtta nya datalabb som finansieras av Vinnova. Fastighetsdatalabbet, som koordineras av RISE, har stort fokus på energieffektivisering. Syftet med projektet är att bidra till standardiserad datahantering samt



för att tillgängliggöra data för aktörer. Aktörerna kan sedan använda data till att utveckla nya innovativa digitala tjänster. Målet är att skapa en nationell plattform där fastighetsdata kan delas mellan aktörer inom branschen (Vinnova, 2019a).

Smarter City Labs ska istället fungera som ett stöd till ett nationellt AI-center i Helsingborg (Vinnova, 2019b). Inom datalabbet ska näringsliv, akademi, invånare och offentlig sektor samlas för innovation där förhoppningen är att konkreta AI-tillämpningar ska kunna utvecklas. Den data som labbet kommer ha tillgång till kommer från IoT via enheter, logistik, renhållning, el-scooter, händelser, rörelser, trafik, parkering, bibliotek samt offentliga öppna data (Vinnova, 2019a).

*Digital Twin Cities* är en långsiktig satsning på ett Chalmersbaserat kompetenscentrum för stadsutveckling genom digitala tvillingar. Projektet ska utveckla konceptet för digital tvilling där staden kan modelleras och simuleras baserad på realtidsdata (Chalmers tekniska högskola, 2020). Projektet innebär implementering av digitala tvillingar i stor skala och berör allt från digitala plattformar för digitala tvillingar och stadsplanering till modellering och simulering på stadsdelsnivå.

Centre for Digital Built Britain (cddb) har initierat projektet The Genimi Principles vars fokus är sammankoppling av digitala tvillingar med målet att binda ihop digitala tvillingar över hela nationens infrastruktur (cddb, 2018). Detta vill man uppnå genom att bygga ett ekosystem av digitala tvillingar som sammankopplas via säker delning av data. Målet är inte att samtliga digitala tvillingar ska kopplas samman med varandra utan på att utveckla kopplingar där det kan generera värde att göra så. Exempelvis ser man att det kan finnas värden i att koppla ihop digitala tvillingar för olika branscher likt energi, vatten och transport. Här kan kopplingen mellan tvillingarna göra att man kan skapa beslutsstöd inför byggande av exempelvis ett nytt vattenreningsverk. Här kan den nya anläggningens påverkan på elnätet simuleras och samköras med andra faktorer. Detta innan något beslut behöver tas om själva upprättandet av vattenreningsverket (cddb, 2018).

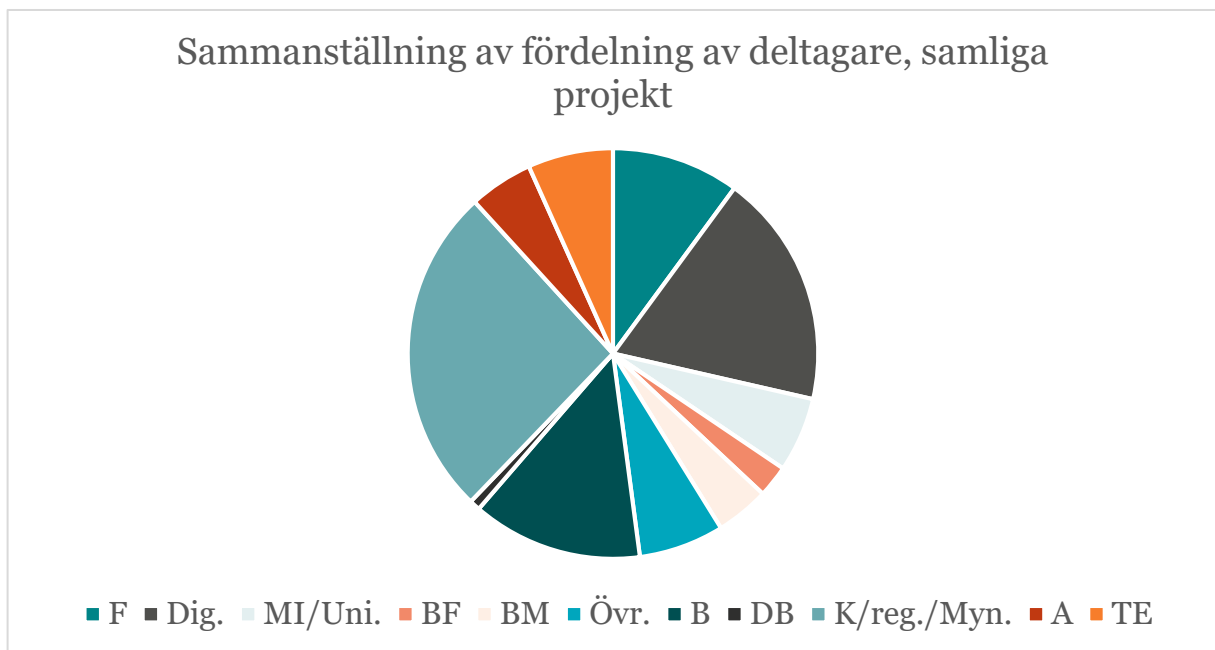
## 3.2.2 Digitala ekosystem bör inkludera en variation av aktörer

I denna genomlysning tittar vi närmare på vilka aktörer som borde inkluderas i ett digitalt ekosystem med fokus på miljöinformation för byggmaterial. Här kommer vi fram till att ett digitalt ekosystem med fokus på byggmaterial bör inkludera en variation av aktörer. Förutom aktörer från hela byggprocessen kan även offentliga aktörer samt privata aktörer med fokus på digitaliseringslösningar, teknikkonsulter med mera behöva inkluderas. Detta utifrån resultatet från projektet "Digitala informationsflöden i byggprocessen" (Ahlm, et al., 2020). En genomlysning av pågående projekt inom området visar på samma slutsatser.

De projekt som inkluderas i genomlysningen är projekt från föregående avsnitt (3.2.1) vilka handlar om digitala ekosystem på stadsdelsnivå samt projekt som hanterar miljöinformation för byggmaterial. Projekten som undersöks är; City as a platform, Fastighetsdatalabbet, Digital Twin Cities, RealEstateCore, Digitala informationsflöden i byggprocessen (SBE) samt Digital livscykelanalys (SBUF). Urvalet av projekt är baserat på vår ambition att skapa en bred och

tydlig bild av möjliga intressenter och specifika nyckelaktörer för upprättandet av ett digitalt ekosystem som omfattar delning av miljörelaterad information för byggprodukter.

I genomlysningen av redan etablerade projekt framkommer det att majoriteten av deltagarna kommer från kommuner eller regioner, it och mjukvaruföretag, byggherrar och fastighetsägare samt förvaltare. Mindre grupper utgörs sedan av bedömningsföretag, materialtillverkare, databasföretag och teknikkonsulter. I Figur 5 redogörs resultatet från aktörsanalysen.



**Figur 5 Sammanställning av deltagare i samtliga projekt där 26 % är kommuner/regioner eller myndigheter (K/Reg./Myn.), 18 % IT och mjukvaruföretag (Dig.), 16 % byggherrar (B), och 10 % fastighetsägare/-förvaltare (F), resterande utgör mellan 1 % och 7 % vardera**

I slutsatserna från projekten om "Digitala flöden för miljöinformation genom byggprocessen" (Ahlm et al. (2020)), framkommer att det även finns andra aktörer som kan tillföra eller dra nytta av eventuella lösningar där miljöinformation finns tillgänglig. Bland dessa lyfts fastighetsutvecklare, mäklare, IT-aktörer, mjukvaruföretag, representanter för bostadsrättsföreningar och hyresgäster fram. Vidare beskriver Ahlm, et al. (2020) att företag inom underhåll och service också har ett värde av att inkluderas. Hit hör till exempel företag ansvariga för uppgraderingar av fastigheten och återbruksaktörer. Specifikt lyfts även skapandet av nya värden för finans- och försäkringsbranschen där det obrutna flödet av digitala miljöinformationen kan användas för att generera intressanta nyckeltal. Nyckeltal som kan användas som underlag för försäkringspremiebedömningar eller så kallade gröna lån (Ahlm, et al., 2020).

### 3.3 Blockkedjan; decentraliserad och pålitlig informationslagring

Blockkedjetekniken går ut på att data lagras distribuerat och decentraliserat vilket innebär att flera datorer (noder) i ett offentligt eller privat nätverk har en kopia av kedjan (Carson, et al., 2018), se illustration i



Figur 6 Illustration av hur data hanteras centraliserat, decentraliserat eller distribuerat. nedan.



Figur 6 Illustration av hur data hanteras centraliserat, decentraliserat eller distribuerat.

Själva kedjan innehåller en lista av transaktioner vilken lagras på olika block (ComputerSweden, 2020b). I och med att varje dator i nätverket har den äldre versionen av blockkedjan sedan tidigare kan nya versioner kontrolleras mot äldre, vilket gör att det blir i det närmaste omöjligt att förfälska informationen (Zihao, et al., 2018) (Carson, et al., 2018). Datorerna som ingår i blockkedjan kan även godkänna vem som har rätt att genomföra en transaktion. När allt stämmer godkänns transaktionen som läggs till i listan i det aktuella blocket och det blir permanent spårbart. (ComputerSweden, 2020b).

Genom att blockkedjan lagras distribuerat och decentraliserat skiljer sig blockkedjor från den traditionellt centraliserade modellen, som ofta är beroende av en central auktoritet. Denna



centrala auktoritet, exempelvis en bank, bestämmer regler och kontrollerar all den data som lagras i databasen. Detta betyder att omgivande parter är tvungna att lita på att den information man får är komplett, pålitlig och korrekt utan att faktiskt ha ett bevis på att sådant är fallet.

Med blockkedjor behövs inte någon central databas eller auktoritet. Det finns olika variationer på design av blockkedjan, men vanligt är att transaktioner och delat ägarskap tillåts inom nätverket för blockkedjan. Då konsensus behöver råda vid en förändring samt att blockkedjan är lagrad i identiska kopior på ett flertal datorer gör att ingen information på något tidigare block kan ändras i efterhand utan att alla som ingår i nätverket varskos om denna ändring (Philip, et al., 2019).

Att inte köpa blockkedjans potential med hull och hår, utan att i stället vara eftertänksam om teknikens tillämpning lyfts fram från flera håll. Bland andra menar PwC (2018) och Gstettner (Wharton University of Pennsylvania, 2019) att man vid implementering av blockkedjan först bör ta reda på om detta är den mest lämpade tekniken för ändamålet. PwC menar att om implementeringen av blockkedjan ska vara värd besväret måste teknikens fördelar överstiga dess kostnader. Detta utan att generera negativa sidoeffekter som konkurrerar ut dessa fördelar.

För att ta reda på om blockkedjan kan leda till ökade värden behöver vi enligt Gstettner även undersöka om det finns ett behov av säkrad tillit och möjliggjord spårbarhet samt om blockkedjan är den mest lämpade tekniken för att nå målet (Wharton University of Pennsylvania, 2019). I en guide som PwC tagit fram är det sex frågor som behöver ställas och minst fyra av dessa som behöver få ett positivt svar för att avgöra blockkedjans potentiella lönsamhet. Dessa frågor presenteras Tabell 2 nedan.

Tabell 2 Sex boxar med frågor vilka bör ställas innan implementering av blockkedjor genomförs (PwC, 2018).

1. Har flera parter i nuläget behov av att dela data?	2. Behöver denna data uppdateras frekvent?	3. Behöver data valideras?
4. Adderar mellanled komplexitet?	5. Är interaktioner tidskrävande?	6. Påverkar transaktionerna varandra?

### 3.3.1 Flera användningsområden för blockkedjan i byggbranschen

Applicering av blockkedjor kan spela en viktig roll inom olika områden i byggsektorn. Enligt Turk & Klinc (2017) är några möjligheter med blockkedjor ökad tillit för konstruktionsloggböcker och genomfört arbete samt bokföring av materialmängd.

Blockkedjan kan även spela en viktig roll kopplat till BIM-objekt. I allt fler byggprojekt används BIM vid uppförandet av en byggnad. De många transaktioner som sker i den aktuella BIM-modellen visar på att blockkedjan även kan komma att spela en viktig roll för att öka tilliten av data kopplad till dessa objekt. Detta då en applicering av blockkedjor i BIM skulle kunna bidra till ökad effektivisering kring delning och registrering av data. I BIM är det



nämmligen inte ovanligt att flera människor arbetar samtidigt och det kan därför anses viktigt att tid och datum för ändringar registreras (Zihao, et al., 2018) (Turk & Klinc, 2017).

Även om BIM har visat sig vara ett mycket användbart verktyg för samarbete mellan olika aktörer under byggprocessen har en del begränsande faktorer som hindrar användningen av BIM identifierats. Bristen på förtroende för uppgifterna och svårigheten att spåra förändringar i modellen lyfts fram som exempel på detta. Ett verktyg såsom blockkedjan, där information lagras och varje förändring i denna information loggas och blir spårbar skulle säkerställa den tillförlitlighet, säkerhet, spårbarhet och löpande lagring av information som läggs till och integreras i BIM-modellen (Blockbim, 2019).

Ytterligare ett användningsområde skulle kunna vara för upprättande av smarta kontrakt i byggbranschen (Zihao, et al., 2018). Smarta kontrakt kan också användas i kombination med BIM eller som verktyg för transaktioner på en byggarbetsplats för att skapa ökad tillförlitlighet för den lagrade informationen. Med smarta kontrakt kan man också styra vem som kommer åt information, exempelvis i en BIM-modell. Något som skulle bidra till ökad tillit mellan aktörer som delar information då varje interaktion registreras och dokumenteras (Zihao, et al., 2018). I övrigt är de främsta fördelarna med smarta kontrakt enligt Zihao, et al. (2018) förmågan att binda betalningar till kontrakten, automatisk framtagning, eliminering av risker kopplade till tillit och reducering av manuella fel. Blockkedjor kan också vara en lösning för att hantera kraven på kontroll av organisationsspecifika data samt för integritet kring känslig information menar Turk och Klinc (2017). Genom blockkedjetekniken kan man öppna upp för att denna typ av data hanteras via ett peer-to-peer förhållande istället för via dagens centraliserade arbetsätt. Det är i denna miljö som blockkedjetekniken kan komma till nytta och bidra till en pålitlig infrastruktur för informationshanteringen under samtliga stadier i byggnadens livscykel (Turk & Klinc, 2017).

Trots att blockkedjetekniken verkar lovande för att komma till rätta med spårbar och tillförlitlig information samt smarta kontrakt finns det anledning att vara skeptisk till en applicering i byggsektorn. I en rapport från Center for Digital Built Britain (cdbb) redovisas exempelvis att tekniken inte är mogen för applicering i större skala. Detta då den ännu inte testats i byggsektorn eller inom någon sektor som har liknande förutsättningar som byggindustrins (Lamb, 2018). Samma rapport påpekar att det trots detta finns appliceringar i mindre skala som väcker intresse och belyser inom vilka områden vidare forskning behövs.

### Smarta kontrakt

*”Ett smart kontrakt innehåller regler som tillåter automatiskt utförande av aktiviteter baserat på input från avtalsparterna som ska ingå kontraktet, i stil med en digital checklista där aktiviteter måste stämma och utföras i en viss ordning för att transaktionen skall tillåtas. Detta gör att avtalsparter objektivt kan verifiera och genomföra kontraktsmässiga åtaganden med större öppenhet, lägre risk och kostnader.” (PwC, 2020).*

## 3.3.2 Ökad spårbarhet och tillit driver blockkedjor på marknaden

Majoriteten av de blockkedjeprojekt som identifierats inom detta projekt är sådana att de kan anses vara i ett pilot-stadie. Projekten vi studerat kommer från livsmedelsindustrin (Food Trust), gruvindustrin (Svemin), diamantindustrin, fastighetsbranschen (Lantmäteriet) och för elbilsbatterier inom fordonsindustrin (Volvo). Även fall vilka sträcker sig över bransch- och industrigränserna har identifierats, exempelvis Provenance som skapat en programvara och plattform för att enkelt samla in och presentera information om produkters värdekedjor.

För majoriteten av de exempel vi studerat är ökad spårbarhet och tillit drivkraften bakom implementeringen av blockkedjor. Från dessa exempel konstaterar vi också att de främsta utmaningarna för etablering av blockkedjetekniken handlar om att data fortfarande samlas in analogt, att det saknas standardiserade data genom leverantörsleden, att man ser svårigheter vid implementering av valda teknologier samt ekonomiska aspekter kopplade till användningen av tekniken. Utmaningar och möjligheter med projektet identifieras nedan.

### **Utmaningar:**

- ◆ *Låg grad av digitalisering inom branschen/sectorn och avsaknad av standardiserad information.*
- ◆ *Ekonomiska aspekter, exempelvis kostnaden för nödvändig datakapacitet i relation till förväntad nytta genom tillämpning av tekniken.*
- ◆ *Konsensus i och involvering av samtliga aktörer i leverantörsleden.*
- ◆ *Blockkedjan som ny relativt obeprövad teknik.*

### **Möjligheter:**

- ◆ *Snabb lokalisering av defekta produkter.*
- ◆ *Garanterar äkthet hos certifierade produkter.*
- ◆ *Garanterar social och miljömässig hållbarhet i långa komplexa leverantörsled.*
- ◆ *Effektivisera och automatisera processer.*

I de studerade projekten förekommer allt från spårbarhet av ett livsmedels ursprung till utbrott av epidemier såsom e-coli, till miljöcertifiering av metaller. Företaget Provenance står för ett specifikt exempel där man genomfört pilotprojekt där blockkedjan tillämpas för att ta fram "ett pass" för en unik produkt. Passet omfattar all information om produkten, från ax till limpa och kan innefatta sådana detaljer som namnet på den djurindivid som ullen i ett visst plagg kommer ifrån samt vem som är den senaste ägaren av plagget.

Det faktum att allt fler konsumenter kräver att säljare av produkter också kan redogöra för produkternas ursprung och totala påverkan på miljö, klimat och sociala aspekter driver på utvecklingen av krav på spårbarhet. Något som bland annat lyfts fram i Svensk Handels hållbarhetsundersökning (2018) samt Konsumentverkets rapport (Konsumentverket, 2018).

## 4 Lång väg kvar till blockkedjan

Vi konstaterar att byggsektorn har en lång väg kvar tills dess att blockkedjan kan implementeras med avseende att säkra spårbar och tillförlitlig miljöinformation om byggmaterial. Den främsta orsaken till detta är den relativt låga digitala mognaden inom byggsektorn vilken gör att förutsättningarna för att tekniken ska komma till sin rätt saknas. I nuläget skulle en satsning på blockkedjan med ändamålet att säkerställa ett obrutet digitalt flöde av miljöinformation därför kunna beskrivas vara brådmogen. Rent krasst finns det andra utmaningar som rör byggsektorns digitalisering som behöver mötas innan det finns anledning att på allvar utforska blockkedjans potential i detta avseende. En sammanfattning av intervjuer och workshops som texten hänvisar till ges i Bilaga 5 och 6.

### 4.1 Övergripande behovsanalys

För att följa rekommendationerna från PwC och Gstettner bör det första steget vid implementering av blockkedjan vara att ta reda på om blockkedjor är den mest lämpade tekniken, se avsnitt 3.3. För att ta vid Gstettners mer övergripande frågor ska då behovet av spårbarhet och tillit undersökas.

I tolkningen av resultatet från genomförda intervjuer framkommer att spårbarhet av material- och miljöinformation relaterat till byggmaterial och produkter är efterfrågad. Intervjuerna visar att möjligheten till att skapa ett obrutet informationsflöde mellan materialtillverkare och fastighetsägare anses vara viktigt eller rent av väldigt viktigt, i ett fall som helt nödvändigt, för att säkerställa att korrekt information förmedlas.

En aktör från byggmaterialsidan lyfte fram dagens problematik, där sidoflöden för miljöinformationen gör det svårt att koppla denna information till rätt produkt. Beskrivningen av sidoflöden tolkas här som att den information som finns tillgänglig för en byggprodukt eller ett byggmaterial inte följer produktens fysiska flöde.

I en av intervjuerna med representant från byggmaterialtillverkarsidan beskrivs att ett värde av digitalt spårbar miljöinformation skulle vara att få en tydligare bild av byggprocessen med avseende på hur det byggs, vilka byggprodukter som används och vilken klimatpåverkan som byggprodukterna har. Från intervjuerna med representanterna från fastighetsägarsidan framkommer i sin tur att det skulle vara värdefullt att kunna spåra egenskaper, såsom bärförmåga, beständighet samt information som kan indikera när en produkt närmar sig "end of design" eller "end of life". Information som skulle kunna användas som underlag för när produkter behöver bytas ut.

Resultatet från de workshops som genomförts beskriver att spårbar material- och miljöinformation kan bidra till sådant som effektivitetsvinster, ökad trovärdighet samt ökad andel återbrukbara produkter, som kan återanvändas utan risk för spridning av farliga ämnen. Resultatet från en av dessa workshops visar att flera olika värden kan uppnås om miljöinformation är spårbar, det vill säga om det går att koppla rätt information till rätt



produkt. Kan man även få en garanti för att specificerat material, exempelvis i en till byggnaden knuten loggbok, även överensstämmer med det som finns inbyggt i byggnaden, kan ytterligare värden uppstå. Sammanfattningsvis visar intervjuerna ett varierande behov av ökad tillförlitlighet för material- och miljöinformation genom byggprocessen och bland aktörerna längs byggmaterialens leverantörsled. Från fastighetsägarsidan uttrycktes synpunkter angående bristande tillförlitlighet som ett problem. En representant för en byggtreprenör menar å sin sida att dagens miljöinformation är bra nog utifrån de befintliga förutsättningarna. En annan byggtreprenörrepresentant menade dock att man, från dennes perspektiv, kan se värdet i tillförlitlig och spårbar information kring byggprodukter, då denna information skulle kunna förenkla arbetet vid eventuell sanering av en byggnad.

## 4.2 Blockkedjan har viss potential att lösa problematik kring spårbarhet.

I analysarbetet, för att avgöra om blockkedjan är ett lämpligt verktyg för att komma till rätta med avsaknad av korrekt miljöinformation för inbyggt material, kommer de sex frågor som PwC:s guide beskriver (se Tabell 3 nedan) till nytta.

**Tabell 3 Sex boxar med frågor vilka bör ställas innan implementering av blockkedjor genomförs (PwC, 2018).**

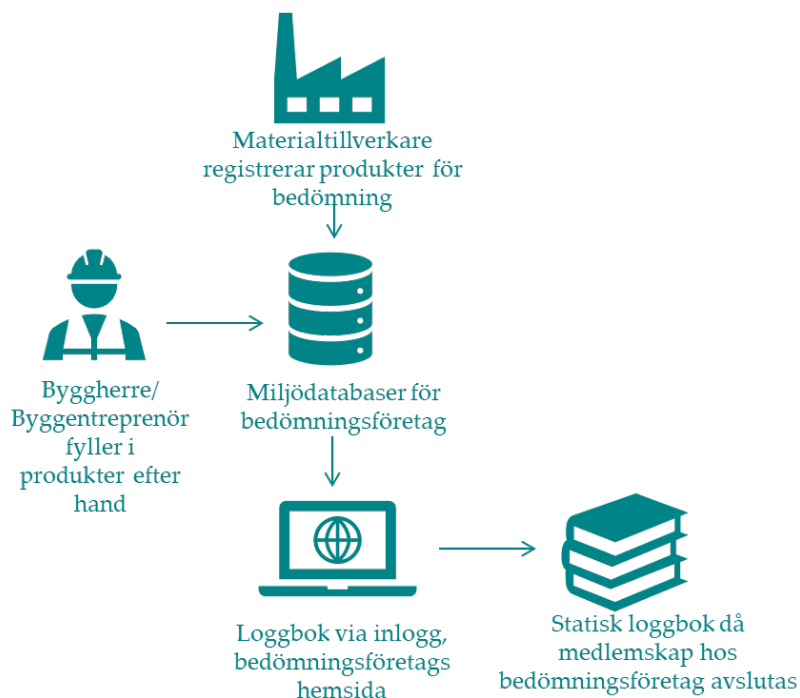
1. Har flera parter i nuläget behov av att dela data?	2. Behöver denna data uppdateras frekvent?	3. Behöver data valideras?
4. Adderar mellanled komplexitet?	5. Är interaktioner tidskrävande?	6. Påverkar transaktionerna varandra?

Analysen ger ett positivt utfall för de första fyra frågorna. Svaren kan dock anses bero på vilka processer och tidsperspektiv som avses. Föreställer vi oss att vi använder blockkedjan för att säkerställa spårbarhet av information som byggs in i byggnaden och uppdateras under byggnadens livstid, blir svaret ja på flera frågor. Nedan redovisas ett utförligare resonemang kring dessa frågeställningar.

1. Har flera parter i nuläget behov av att dela data?

För att svara på den första frågan kan vi som ett exempel utgå från upprättandet av den loggbok som beskrivs i avsnitt 2.3. Samma flöde beskrivs i Figur 7 nedan.





Figur 7 Exempel på upprättande av loggbok utifrån tolkning av Boverket (2015).

## 2. Behöver denna data uppdateras frekvent?

Utifrån flödet i figuren ovan går det att identifiera ett flertal aktörer som, på ett eller annat sätt, alla hanterar material- och miljöinformation. Läger vi till de aktörer som identifierats i genomförda workshops blir antalet olika parter, vilka har eller kan ha ett behov av att dela data knutet till byggmaterialet, genast många. Några av dessa identifierade aktörer är arkitekter, konstruktörer, inköpare av material samt fastighetsägare och förvaltare, återbrukare, återvinnare och avfallsaktörer. Dessa aktörer är i relation till byggprocessen verksamma i olika skeden. Behöver denna data uppdateras frekvent?

Behovet av att uppdatera data i en loggbok för en byggnad varierar beroende på vilken data som avses och i relation till olika typer av händelser i byggnadens livscykel. För bedömning av den information som ingår i loggboken kan det därför behövas löpande uppdateringar. Exempel då loggboken behöver uppdateras är då eventuell preliminär loggbok går till specifik under uppförandet av byggnaden samt längre fram i livscykeln då byggnaden renoveras. Störst behov av uppdatering argumenteras däremot vara under uppförandet samt överlämning av byggnaden och loggboken.

## 3. Behöver data valideras?

Identifierade problem med dagens loggböcker är att material kan bytas ut sent i byggprocessen samt att loggboken ofta blir statisk efter det att byggnaden uppförts. Detta leder i sin tur till osäkerheter vad gäller om resurserna i loggboken överensstämmer med de som faktiskt byggts in. För att man ska kunna lita på att de produkter som är inskrivna i loggboken faktiskt är identiska med de produkter som finns i byggnaden krävs validering.



Detta blir särskilt viktigt utifrån ett återbruks-, återvinnings- och saneringsperspektiv. Genom validering av inbyggt material, tillsammans med den miljöinformation som kopplas till produkten, skulle möjligheterna till att återbruka, återvinna eller sanera rätt material kunna öka. Ett resonemang som styrks av genomförd workshop.

#### 4. Adderar mellanled komplexitet samt är kostsamma?

Som tidigare beskrivet kan upprättandet av en loggbok för ett byggprojekt utföras på olika sätt. Exempelvis kan en enskild person eller ett flertal personer ansvara för inmatningen av data om valda material. Det betyder dock inte att det är samma person eller personer som har ansvaret för att säkerställa att just detta material också är det som byggs in i byggnaden. I dagsläget kan det därför krävas mer eller mindre omfattande inventeringar genomförs för att säkerställa att informationen i loggboken överensstämmer med verkligheten. Kostnaderna för detta har inte undersökts i denna rapport. Vi ser dock potential till effektivisering då registrering av material i loggboken görs då produkten levereras till byggarbetsplatsen. Genom att i detta skede skanna in produkten ser vi potential till att kapa ett antal mellanleder, så att upprättandet av en loggbok kan effektiviseras.

#### 5. Är interaktioner tidskrävande?

Hur tidskrävande processen med att sammanställa material och miljöinformation är svår att avgöra. Detta då det till mångt och mycket beror på de rutiner och tillvägagångssätt som finns etablerade hos de aktörer som ingår i processen. Säkerställandet av att informationen är korrekt kan dock generellt beskrivas som tidskrävande, i och med att digitala stöd för detta saknas, och därför bedöms möjligheterna till effektivisering som goda.

#### 6. Påverkar transaktionerna varandra?

På samma sätt som för frågan om interaktionerna är tidskrävande är frågan om hur transaktioner påverkar varandra svåra att avgöra inom ramen för detta projekt. Vi väljer därför att inte gå närmare in på detta resonemang här.

## 4.3 Viktiga beslut att ta hänsyn till vid implementering av blockkedja

Baserat på utfallet av svaren från frågorna om vad som behöver säkerställas inför en implementering av blockkedjan ser vi att det kan finnas ett värde av att applicera blockkedjan i byggbranschen. Åtminstone med avseende spårbarhet och tillit till information kopplat till byggmaterial. I detta avsnitt går vi därför vidare och diskuterar byggsektorns tillvägagångssätt och förutsättningar för de olika implementeringssteg som PwC:s guide omfattar.

### Börja i liten skala

Utifrån genomförd omvärldsanalys av aktörer till ett det digitala ekosystemet bör målet vara att inkludera aktörer från hela byggprocessen. Från omvärldsanalysen ser vi även att både offentliga aktörer och privata aktörer med fokus på digitaliseringslösningar också borde inkluderas. För att då följa den guide som studerats bör detta ske med en mindre grupp deltagare för att därefter skalas upp. Ett förslag är att i första hand rikta sig till intressenter i framkant: aktörer som har stor genomslagskraft från samtliga delar av leverantörsleden från materialtillverkare till fastighetsägare. Detta, att stora aktörer går samman för att gemensamt driva marknaden framåt, är något som framkommit i de projekt, där blockkedjan implementerats i andra branscher, som vi studerat inom ramen för detta projekt. Livsmedelsbranschens Food Trust är ett sådant exempel. Vi noterar också att man i de studerade projekten använder sig av redan etablerade och befintliga plattformar för implementering av blockkedjor, snarare än att utveckla något nytt och projektspecifikt. Detta ser vi som en indikation om att befintliga plattformar för blockkedjan också skulle passa för byggsektorn.

### Skapa kompatibilitet

Genom den omvärldsbevakning vi bedrivit framkommer det att appliceringen av blockkedjor i olika branscher är i ett tidigt skede. Många av de utmaningar som beskrivs härrör inte från själva tekniken i sig. Problematik och utmaningar verkar snarare ligga i att skapa kompatibilitet mellan olika system. Att komma överens om samt implementera standardiserade sätt att samla in, identifiera och dokumentera information om produkter är exempel på sådana utmaningar. Att denna problematik också finns inom byggsektorn framkommer med tydlighet i genomförda workshops och intervjuer.

I resultaten från genomförda workshops lyfts avsaknad av standarder och unika identifikatorer fram som en av orsakerna till att det inte redan idag finns tillförlitlig material- och miljöinformation. Även i intervjuresultaten framkommer behovet av gemensamma informationsstandarder som ett första viktigt steg för att byggsektorn ska kunna jobba med blockkedjor. Ytterligare ett exempel på vikten av att skapa kompatibilitet, som framkom i en av intervjuerna, är problem kopplat till produkter med ett GTIN. Detta då det inte är ovanligt att en produkt har ett GTIN som egentligen avser en annan nivå i artikelhierarkin (se faktaruta nedan) (GS1, u.d.).

#### GTIN

*GTIN är ett unikt artikelnummer för artiklar, förpackningar och tjänster. Detta nummer kan även kopplas samman med ytterligare information om artikeln i en databas. Två artiklar som skiljer sig åt gällande design och/eller innehåll tilldelas unika ID:en. Detta innebär att en förpackning för 100 skruvar får ett GTIN och en låda innehållande 10 förpackningar med 100 skruvar vardera får ett GTIN. Varje nivå förses därmed med ett eget ID motsvarande den artikelhierarki som avses.*

*Ett branschgemensamt beslut togs den 12 april 2018, om att GTIN ska vara den gemensamma standardiserade identifikationen och att alla producenter och leverantörer ska använda den på samtliga byggprodukter (NCC; PEAB; Veidekke; JM AB; SKANSKA; BIM Alliance Sweden; Byggmaterialindustrierna; Byggmaterialhandlarna, 2018)*



Enligt PwC beskrivs kompatibilitet samt standardiserade sätt att samla in, identifiera och dokumentera information även som avgörande faktorer för att implementeringen av blockkedjor ska bli lönsam.

I genomförda workshops diskuterades att även om blockkedjan i sig är en teknik som kan lösa problem med tillit och spårbarhet, kan tekniken i sig inte lösa problem som rör byggsektorns låga digitala mognadsgrad. Rent generellt kan tillämpning av blockkedjetekniken anses vara brådmogen för byggsektorn, då det skulle innebära att man ignorerar flera av de utmaningar som byggsektorn står inför om och när ett digitalt obrutet flöde av miljöinformation ska uppnås. Det finns därmed flera skäl till att vara aktsam när slutsatser om hur blockkedjan kan bidra med tillförlitlighet och spårbarhet i digitala flöden ska dras.

### **Bestäm styrmodell.**

Ytterligare en viktig fråga kopplat till etableringen av blockkedjan är vem som ska äga systemet. Med ägandeskap kommer även ansvar för underhåll och service, hantering av kostnader samt hur processen för viktiga beslut och insamling av avgifter från andra aktörer utformas. Enligt PWC:s guide är ett effektivt sätt för att utveckla en styrmodell att skapa ett branschkonsortium eller någon annan typ av verktygsenhet som driver denna process. Utifrån kopplingen mellan blockkedjan och den digitala tvillingen, har det i våra diskussioner framkommit många fördelar med att styrmodellen för blockkedjan hanteras på samma som ägandet av systemet för den digitala tvillingen, det vill säga att skapa tydlighet kring vem som äger systemet, vem som svarar för underhåll, service och hantering av kostnader.

### **Besluta om informationstillgänglighet.**

Vad gäller risker kopplade till digitalt spårbar miljöinformation visar resultatet från våra intervjuer att de flesta inte ser några större risker, utan främst ser spårbarheten som något positivt.

Intervjuresultaten visar också att det finns ett motsatsförhållande mellan blockkedjetekniken i sig, med avseende kvaliteten på informationen, kontra förtroendet för informationen i blockkedjan. En av de intervjuade anser att förtroendet ökar med antalet personer som kan verifiera data, medan andra uttryckte oro för att kvalitén på inmatade data riskerar att bli sämre ju fler aktörer som har tillgång till informationen.

Överlag ansågs den låga digitala mognaden i byggsektorn, inte minst hos fåmansföretag som inte har kapacitet att hantera administrationen för digitala lösningar, som ett hinder för att implementera digitalt spårbar miljöinformation.

### **Navigera osäkerheter**

Genomförda intervjuer visar att blockkedjetekniken framstår som en idag relativt okänd teknik i byggsektorn, vilket indikerar att det behöver skapas en tilltro till blockkedjetekniken i sig om denna ska bli intressant och relevant att tillämpa. Den allmänna rådande uppfattningen är att det kommer att ta tid innan blockkedjor implementeras inom den svenska byggsektorn



Ytterligare utmaningar för användningen av blockkedjan är att byggsektorn behöver komma överens om att eftersträva spårbarhet, och då inte bara för miljöinformation utan även för information om byggmaterial i största allmänhet. Resultat från parallella forskningsprojekt indikerar att nya värden kan bidra med de incitament som byggsektorn hittills saknat för att ett obrutet digitalt flöde av miljöinformation ska etableras. Nya värden som exempelvis möjligheten att få ut nyckeltal kopplade till byggnadens byggmaterial. Därför bör man lägga extra stor vikt vid att kommunicera dessa värden, så att incitamenten blir tydliga. Först när incitamenten är tydliga kan man hitta viljan till att koppla samman de system där informationen finns. Flera av de intervjuade lyfte också fram vikten av att hitta värdet med att implementera blockkedjor, främst i form av ekonomiska incitament.

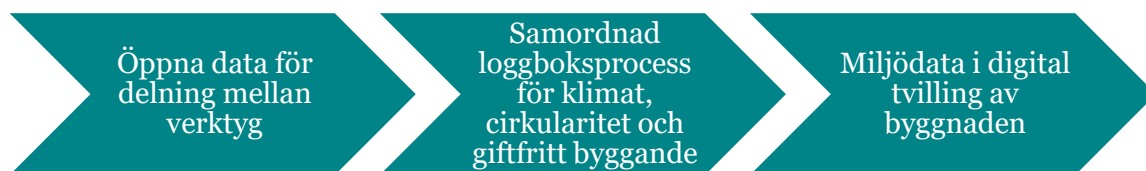
Den ökade efterfrågan på produkters ursprung från konsumenter som beskrivs som morot för exempelvis livsmedelsindustrins implementering av blockkedjan hade möjligen även här kunnat generera incitament för byggsektorn att tillsammans eftersträva spårbarhet.

En av de intervjuade, från lantmäteriet, med större kunskap om blockkedjeteknik var av uppfattningen att det finns ett stort intresse för blockkedjor i Europa och att man har kommit längre i arbetet med blockkedjor i andra europeiska länder. Som exempel nämndes Finland och deras arbete med implementeringar inom fastighetssektorn. Uppfattningen att blockkedjan inte tillämpas inom den svenska bygg- och fastighetssektorn ansågs höra ihop med en svårighet att implementera distribuerade lösningar och en ovana att arbeta i digitala ekosystem. Detta både rent tekniskt och utifrån andra hänseenden.

## 5 Loggbokstjänst via en digital tvilling

Dagens loggböcker är utformade för att svara på behovet av att logga kemisk information för framtiden samt för att se till att fasa ut problematiska ämnen ur dagens produktion. I detta kapitel visar vi på utmaningar och möjligheter som skapas då en fastighets digitala tvilling innefattar en loggbok.

Då vi ser att vägen till digitala tvillingar för byggnader som också innefattar en aktuell och tillförlitlig loggbok fortfarande är lång, har vi identifierat mellansteg som kan adderas separat och vilka tillsammans kan vara på väg till ett obrutet flöde av miljöinformation. Dessa sammanfattas i Figur 8 och inkluderar ett behov av att öka möjligheterna för att dela data i digitala ekosystem samt att samordna insamling av resursförteckningar i en digital process, oberoende av vilket nyckeltal som ska kunna läsas ut.



Figur 8 Utvecklingssteg i väntan på den digitala tvillingen innefattar en loggbok

### 5.1 Loggbokstjänst via digital tvilling och produkt-API: er ger obrutet flöde av miljöinformation och nya nyckeltal

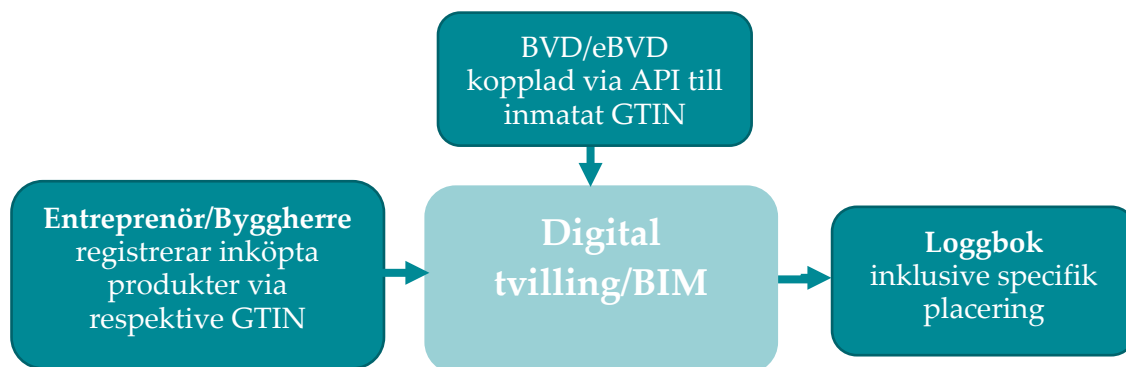
För att visualisera hur miljöinformation skulle kunna lagras i en digital tvilling av en byggnad har vi samverkat med projekten "Incitament och affärsmodeller för ett obrutet flöde av miljöinformation" och "Från materialtillverkare till fastighetsägare". Projekten, finansierade av Smart Built Environments femte och sjätte utlysning, har drivits parallellt med detta projekt. Resultatet från dessa projekt är sammanställda i rapporten "Digitala informationsflöden i byggprocessen" (Ahlm, et al., 2020). Inom projekten har bland annat en prototyp för att möjliggöra ett obrutet flöde av miljöinformation genom en länkning mellan digitala byggvarudeklarationer, eBVD:er (se kapitel 2), och en digital tvilling via webb-API:er demonstrerats.

#### API

*"Ett API är en specifikation av hur och gränssnitt för hur program kan använda och kommunicera med en specifik programvara eller datasystem. API:er kan användas för att bygga mobilapplikationer, webbsajter eller att integrera med andra datasystem. Ett webb-API är ett API som används via ett webbprotokoll (http/https)." Skriver webbbyrå Happiness på deras hemsida (2020).*

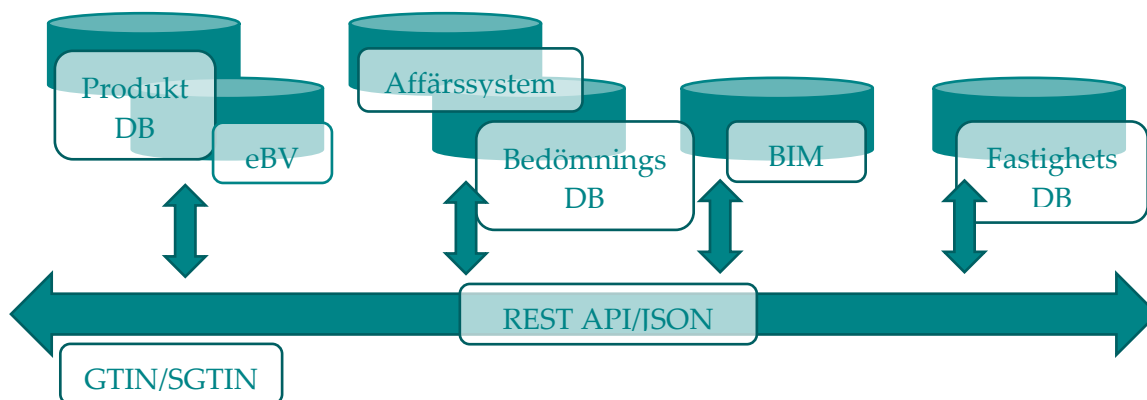
I rapporten "Digitala informationsflöden i byggprocessen" menar Ahlm, et al. (2020) att den digitala tvillingen skulle kunna lagra produktinformation och fylla samma funktion som en loggbok har idag. Länkning från enskilda byggprodukter till andra informationskällor möjliggörs här genom artikelnumret GTIN, vilket då fungerar som unik identifikator för varje byggprodukt.

Till denna unika identifikator kopplas informationen från eBVD:er via webb-API:er. I prototypen hämtades sedan datapunkter från en eBVD och lästes in direkt i den digitala tvillingen. Se Figur 9 nedan för exempel på hur loggboken upprättas.



Figur 9 Visar på hur flödet av miljöinformation knyts till den digitala tvillingen och exporteras som en loggbok.

Med produktidentifikatorn som informationsbärare öppnas även nya dörrar mot löpande uppdateringar av exempelvis bedömning av kemiskt innehåll. Något som i sin tur kan ligga till grund för nya affärsmodeller kopplade till det obrutna informationsflödet. I Figur 10 nedan visualiseras den affärsmodell som projektet beskriver (Ahlm, et al., 2020).



Figur 10 Schematisk skiss över prototypen för obrutet informationsflöde, figur från "Digitala informationsflöden i byggprocessen" (Ahlm, et al., 2020).

Utifrån SBE projekten presenterade i rapporten "Digitala informationsflöden i byggprocessen" identifieras nyckeltalen "andel (%) återbrukbara produkter i fastigheten" och "andel (%) byggprodukter som har deklarerat innehåll". Dessa nyckeltal beskrivs kunna bidra till utveckling av nya värden, likt förbättrade förutsättningar för cirkulära materialflöden och beräkningar av fastigheters klimatavtryck. Något som kan vara av intresse för slutanvändare av denna information. Några av dessa slutanvändare beskrivs exempelvis vara inom bankväsendet i syfte att ge "gröna lån" eller inom försäkringsområdet för olika former av



försäkringspremier. De identifierade nyckeltalen kan enligt författarna därmed i sig verka som pådrivande incitament för de såväl tekniska som policymässiga förändringar som krävs för att ett det obrutna informationsflödet ska etableras (Ahlm, et al., 2020).

För att skapa det obrutna digitala informationsflödet föreslår Ahlm, et al. (2020) tre möjliga tillvägagångssätt, som vart och ett i sig skulle motverka den hittills rådande informationsfragmentering som idag utgör hinder för ett sådant flöde:

1. Designlett tillvägagångssätt: inför ett nytt design- och konstruktionsarbetssätt, där all materialinformation finns tillgänglig i konstruktionsskedet och därmed möjliggör att en digital tvilling skapas före den fysiska byggnaden. Detta arbetssätt är vanligt inom den tillverkande industrin och kännetecknas ofta av starka partnerskap mellan materialleverantörer och tillverkare, där information delas under tidiga skeden och man samarbetar kring design och produktionsplanering i digitala modeller. (Jfr. IMDS i fordonsindustrin och Bygg4.0 inom skeppsindustrin.)
2. Integrationslett arbetssätt: byggprocessens olika system integreras genom digital informationsöverföring (API:er) och gör materialinformation tillgänglig för alla aktörer i värdekedjan. Nya tjänsteerbjudanden möjliggörs genom tillgängliggörande av information längs värdekedjan. I den digitala tvillingen beskrivs placeringen av ett material i byggnaden och genom ett unikt material-id, GTIN, kan detaljerad produktinformation inhämtas från olika datakällor.
3. Datalett arbetssätt: produktrelaterad information från loggböcker och datablad samlas i en "data sjö" och man tillämpar avancerad analys, maskininlärning och Deep Learning (AI) för att besvara frågor kring fastighetens materiellinnehåll.

## 5.1.1 Blockkedjan som garanti för att information samlas in för rätt produkt

Blockkedjan skulle kunna ha en potential till att öka tilliten till vilket material som byggs in i en specifik byggnad. Detta genom att logga händelser för material som levererats till byggarbetsplatsen. Blockkedjan kan sedan kopplas till den digitala tvillingen för att även beskriva var i byggnaden den aktuella produkten byggs in. Den digital tvillingen fyller i detta sammanhang funktionen som byggnadens loggbok. Med stöd från blockkedjan skapas en garanti för att byggprodukten i loggboken överensstämmer med den som finns i byggnaden. I Figur 11 nedan visas en illustration för hur blockkedjan som teknik skulle kunna utformas i syfte att nå ett obrutet flöde av miljöinformation för en byggprodukt.





Figur 11 Förslag på hur blockkedjan skulle kunna bidra till ett obrutet flöde av miljöinformation för byggmaterial.

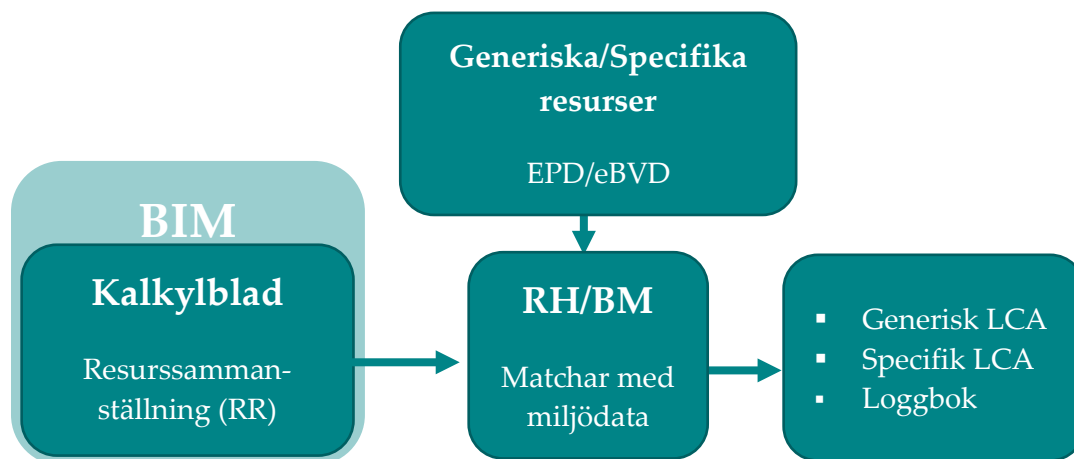
Figuren visar en blockkedja som verifierar inbyggt byggmaterialen i byggnadens loggbok. Detta genom att logga materialet när det anländer till byggarbetsplatsen via byggproduktens GTIN. Blockkedjan kan sedan kopplas till byggnadens digitala tvilling som vid registrering av använt GTIN, via tidigare beskriven API-lösning, laddar hem den miljöinformation som finns kopplat till det aktuella GTIN-numret. Varje block i blockkedjan innehåller därmed ett GTIN samt dess specifika placering i byggnaden. Vid eventuell renovering eller sanering av byggnaden kan ett nytt block, som beskriver att aktuellt material tagits bort och nu ersätts av ett annat läggas till och godkännas. Här bidrar då blockkedjan med ökad spårbarhet för det material som byggs in tillsammans med ökad tillit över informationen i loggboken. Vidare skulle ytterligare information kunna adderas blockkedjan likt installationsdatum i byggnaden, datum för utförd service, renovering eller liknande.

## 5.2 Loggbokstjänst via sammanställning från kalkylskedet ger samordning med klimatdeklarationer

För att exemplifiera behovet av att samordna materialinformation för framtagande av olika nyckeltal har vi tittat på projekt som studerar resursflöden vars syfte är att kunna arbeta optimalt med klimatnyckeltal. I dessa projekt har man utgått från byggprojektets ordinarie arbete med resurssammanställningar, vilket ofta är knutet till behov av kostnadskontroll. Varje byggprojekt upprättar vid något tillfälle en kalkyl för att få kontroll över kostnader av de resurser, exempelvis inbyggda produkter och material, som kommer att användas under uppförandet av ett byggprojekt. Detta resulterar i en resurssammanställning av ingående produkter, respektive inköpt mängd som kommer att byggas in i byggnaden, och ger därför goda förutsättningar att fungera som loggbok.

Idag används resurssammanställningen även för att ta fram klimatdeklarationer. Dessa är dock baserad på generiska data, vilka skulle behöva göras om till specifika data för att fullt ut

kunna fylla funktionen för sammanställning av byggmaterial i en loggbok. Såsom tidigare beskrivet är Resurshubben (RH) tänkt att lösa problemet genom att, via RH och unika produkt-ID:n, gå från generiska miljödata till leverantörsspecifika data. Leverantörsspecifika data består i detta fall av miljövarudeklarationer (EPD:er) men skulle framgent även kunna omfatta eBVD:er. En loggbok med specifika eBVD:er skulle därmed kunna sammanställas med ursprung från kalkylbladet för inköpta byggresurser. I Figur 12 nedan redovisas en förenklad modell över hur flödet av miljöinformation kan komma att se ut med RH som central roll.

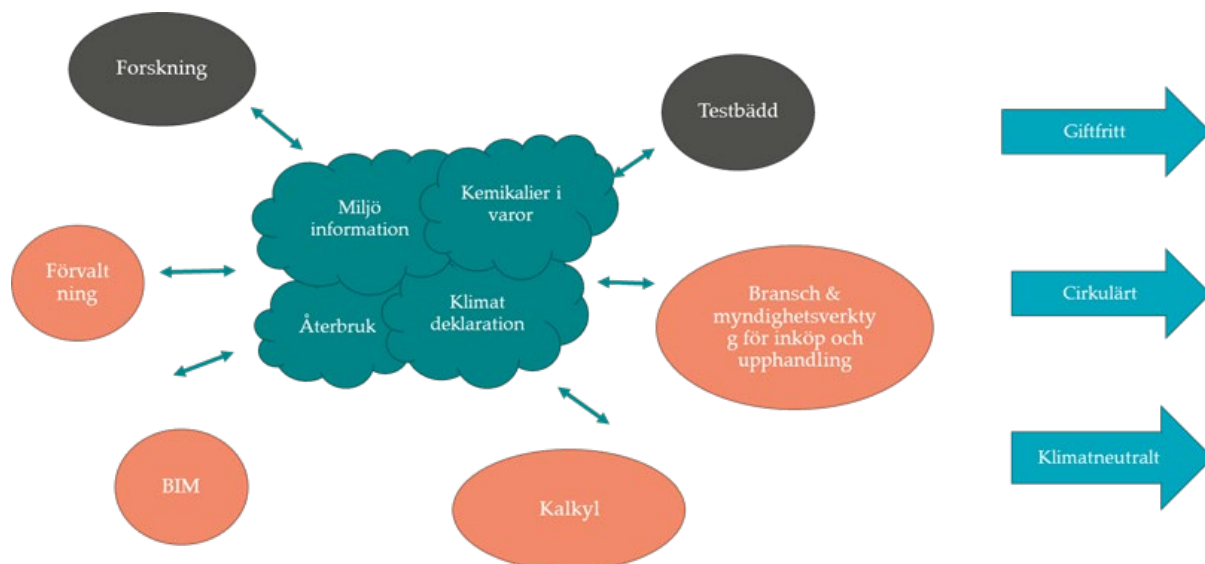


Figur 12 Flödet av miljöinformation vid sammanställningen av en loggbok eller LCA från kalkylbladet via RH och BM.

I flödet av miljöinformation ovan kopplar RH samman projektspecifik information från kalkylen med generiska och specifika miljödata i RH. För loggboken är det specifik data som är av relevans och konceptet bygger på att det finns unika identifikatorer för produkterna i resurssammanställningen (RR) Dessa översätts sedan i RH och kopplas till miljödata för specifika produkter med unika identifikatorer. Då resurserna i RR är generiska kan RH ge förslag på olika typer av specifika produkter som passar in på beskrivningen av den generiska produkten. Detta leder även till ett helt nytt sätt för projekt att välja ut de produkter som ska köpas in.

## 5.3 Loggbokstjänst med hjälp av digitala ekosystem

Med utgångspunkt från nuläget, med en komplex materialvalsprocess som går från generiska miljödata till mer specifika miljödata samtidigt som material väljs och byts ut flera gånger under en byggprocess, har vi exemplifierat hur en loggbokstjänst skulle kunna drivas effektivare genom delning av miljödata och sammanställningar av byggprodukter. Vi har exemplifierat detta genom att samla olika initiativ på marknaden i en bild som beskriver ett digitalt ekosystem, se Figur 13 nedan.



Figur 13 Exempelbild på ett digitalt ekosystem av miljöinformation kopplat till byggprodukter och tjänster för materialval i byggprocessen.

I bilden ovan ges exempel på tjänster som kan förse marknaden med miljöinformation kopplat till byggprodukter (blå figurer) och tjänster för materialval i byggprocessen utifrån design, inköp och förvaltning (orangea figurer). Dessa tjänster hämtar information från miljötjänsterna eller så kan de dela med sig av information om byggprocessens valda byggmaterial tillbaka till verktygen. Ett exempel på ett sådant flöde är delning mellan Finfo-databasen och BASTA-systemet, vars syfte är att förenkla materialvalet med stöd av miljöinformation i Finfo samtidigt som det förenklar behovet av att arkivera information från Finfodatabasen och BASTAs verktyg för loggböcker.

Ett annat exempel är när byggsektorns miljöberäkningsverktyg hämtar resurssammansättningar från marknads kalkyl- eller BIM-verktyg, för att koppla samman denna information med miljödata och därefter kunna göra en klimatkalkyl på byggnadsnivå. Alternativ väg för detta informationsflöde är om miljöinformation skickas till kalkylverktyget för att stödja inköparens materialval utifrån miljöindikatorer.

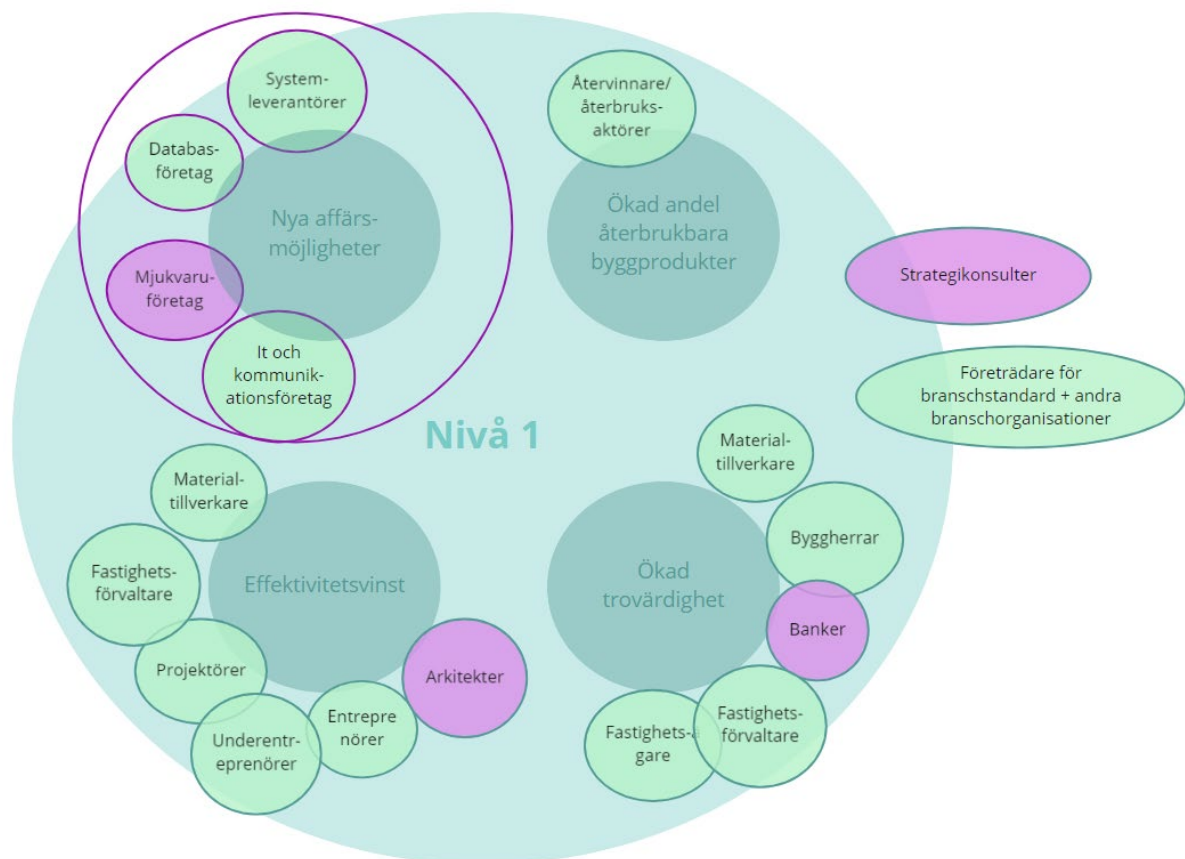
Fler sådana exempelflöden går att hämta från olika behov och tillämpningar. Sammantaget visar exemplen fördelen av att lägga samman flödena i ett digitalt ekosystem om man vill använda dessa som underlag för nya och existerande hållbarhetsindikatorer såsom giftrött, cirkulärt och klimat neutralt (blå pilar).

### 5.3.1 Aktörer i det digitala ekosystemet

För att det ovan exemplifierade digitala ekosystemet för miljödata rörande byggmaterial ska kunna utvecklas till ett stöd som omfattar byggnadens hela livscykel, behöver fler aktörer och faser ingå. Framförallt behöver driften och den långsiktiga förvaltningen vara utgångspunkt för hur data ska arkiveras och upprätthållas digitalt över tid. I syfte att identifiera vilka aktörer som behöver ingå i ett sådant ekosystem genomfördes en intern workshop på IVL, där personer med erfarenhet av byggprocessens olika faser deltog.

Som resultat av denna workshop skapades en tidslinje uppdelad i tre nivåer, där den första avser aktörer som krävs för att upprätta ekosystemet i liten skala. Den andra nivån avser aktörer som kan adderas efter det att ekosystemets regler och standarder bestämts och testats. Den tredje nivån beskriver vilka aktörer som inte har en given plats i ekosystemet, men vilka kan adderas för att skapa förutsättningar för utveckling och innovation.

Resultatet för den första nivån presenteras i Figur 14 nedan och omfattar totalt fjorton aktörer, där tolv av dessa har ett tydligt kopplat värde till resultaten från workshop 1. Denna nivå inkluderar även de nyckelaktörer som behövs för att upprätta nätverket, men som inte har något direkt värde för delningen av data, dessa är inringade i lila i figuren nedan.



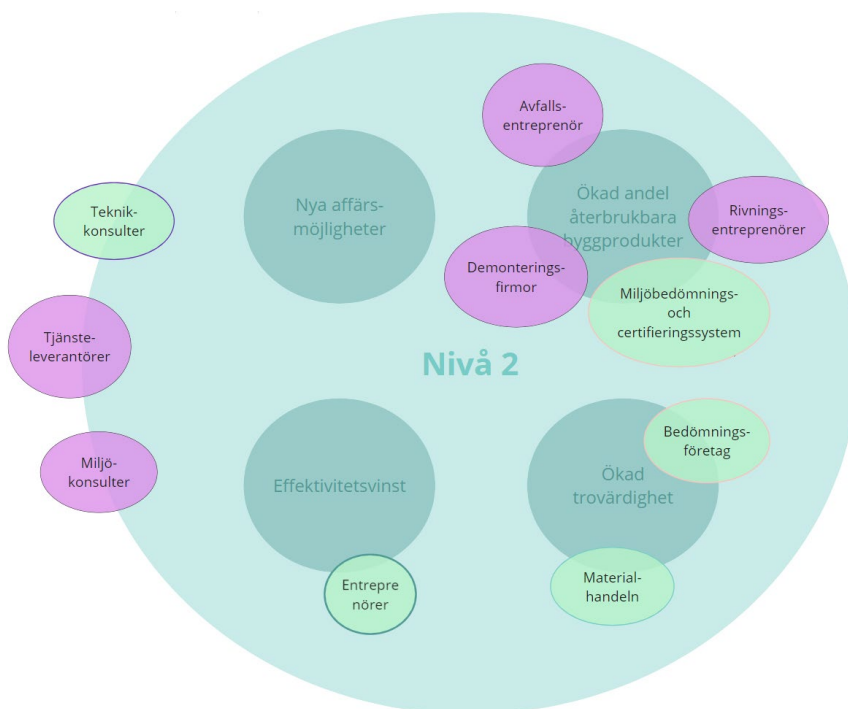
**Figur 14 Identifierade aktörer vilka krävs för att upprätta nätverket tillsammans med det högsta värdet för respektive aktör. Aktörer utan ett kopplat värde är tydligt placerade i utkanten av nivå 1-cirkeln. Identifierade nyckelaktörer är inringade i en stor lila cirkel.**

Av de aktörer som identifierats i nivå ett ansågs majoriteten av dessa behövas vid upprättandet av ekosystemet. Effektivitetsvinst följt av ökad trovärdighet och nya affärsmöjligheter identifieras vara av högst värde för merparten av de samverkande aktörerna. För en av aktörerna anses värdet ökad andel återbrukbara produkter vara högst. Två aktörer kunde inte förknippas med något av de identifierade värdena.

En majoritet av aktörerna på nivå ett representerar framförallt en byggnads livscykel uppströms, dvs under upprättandet av en byggnad (materialtillverkare, byggherrar, entreprenörer, projektörer och arkitekter). En mindre men betydande andel av aktörerna är företag med mer it-teknisk bakgrund, såsom systemleverantörer och databasföretag. Någon

enstaka aktör agerar från det att fastigheten väl är på plats, såsom fastighetsförvaltare och fastighetsägare medan några agerar även efter byggnadens livslängd avslutats, såsom återvinnare och återbruksaktörer.

Nivå två beskriver aktörer som har ett naturligt värde i ekosystemet, men som inte nödvändigtvis behövs för att upprätta ekosystemet. Resultatet redovisas i Figur 15 och innebär totalt tio aktörer där sju har ett kopplat värde från WS2.

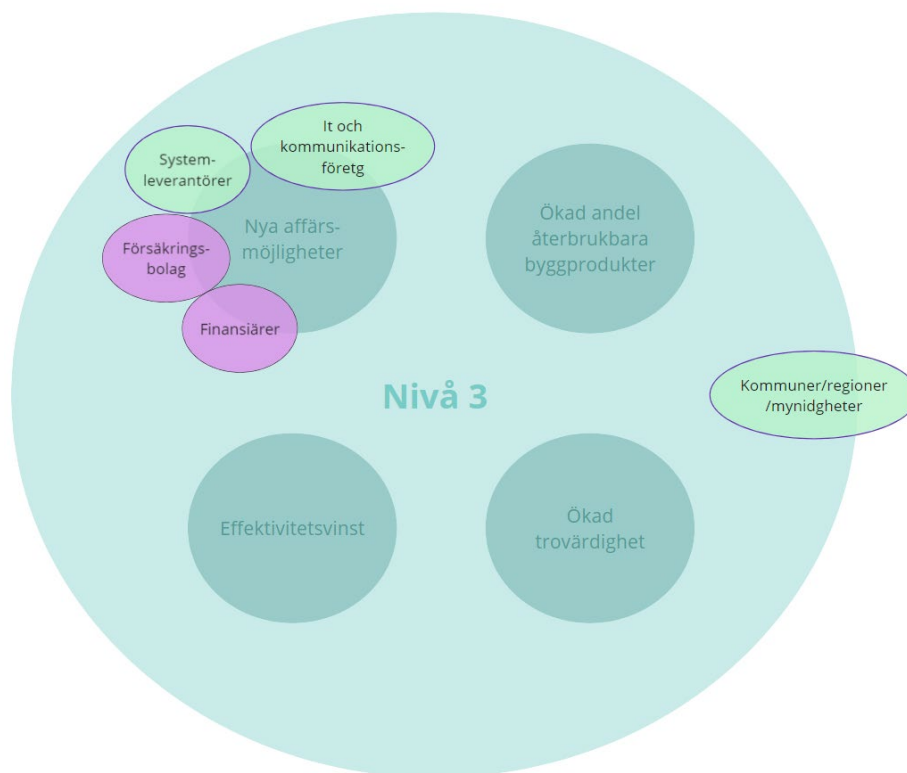


**Figur 15** Identifierade aktörer vilka kan adderas efter hand, kopplat till det högsta uttalade värdet för respektive aktör. Aktörer utan ett kopplat värde är tydligt placerade i utkanten av nivå 2-cirkeln.

Det värde som anses högst för flest aktörer i nivå två är ökad andel återbrukbara byggprodukter följt av ökad trovärdighet. Ökad effektivitetsvinst rankas här högst av endast en aktör och nya affärsmöjligheter utgör inte det högsta värdet för någon av de identifierade aktörerna. Tre aktörer är inte förknippade med något av de identifierade värdena för denna nivå.

En betydande andel av de identifierade aktörerna förknippade med nivå två är företag nedströms av en byggnads livscykel, såsom avfallsentreprenörer och demonteringsföretag. Några enstaka företag förekommer även uppströms en byggnads livscykel, exempelvis entreprenörer. De tre aktörerna vilka inte är förknippade med något av de identifierade värdena representerar någon typ av konsultverksamhet.

Den sista nivån beskriver aktörer som inte har ett naturligt värde i ekosystemet men som kan adderas för att skapa innovativa värden. Resultatet som redovisas i Figur 16 nedan visar totalt fem aktörer, varav fyra har ett kopplat värde från WS2.



**Figur 16** Aktörer som kan adderas efter det att ekosystemet är upprättat och i rullning vilka kan bidra med innovativa värden, tillsammans med det högsta värdet för respektive aktör. Aktörer utan ett kopplat värde är tydligt placerade i utkanten av nivå 3-cirkeln.

Bortsett från en aktör, vilken inte är kopplat till något av de identifierade värdena, är det högsta värdet för identifierade aktörer i nivå 3 nya affärsmöjligheter. Identifierade aktörer är här finansiärer och försäkringsbolag samt systemleverantörer, it och kommunikationsföretag. Även kommuner, regioner och myndigheter är kopplade till denna nivå.

## 6 Slutsats och rekommendationer

Genom detta projekt har vi haft möjlighet att utforska hur man med digitala lösningar, såsom digitala tvillingar av byggnader och blockkedjeteknik, kan skapa obrutna och tillförlitliga flöden av miljöinformation under en fastighets totala livscykel. Vi har också haft möjlighet att närmare undersöka vad som står i vägen för att denna typ av digitala lösningar ska få fäste i och börja tillämpas som stöd under byggprocessen och den fortsatta förvaltningen av byggnader och fastigheter.

Intervjuer och enkäter som besvarats av personer som representerar byggprocessens olika faser, stärker den bild som framkommit i andra projekt; nämligen att byggsektorns relativt låga digitala mognad utgör ett hinder för att nya arbetssätt ska utvecklas med digitalisering som stöd. I vår omvärldsanalys framkommer det dock att digitala tvillingar börjar bli allt mer förekommande inom byggsektorn. Framförallt är det så kallade dynamiska digitala tvillingar, där data som rör sådant som byggnadens värme- och ventilationssystem flödar och kan användas för att styra och optimera systemet, som etablerats i sektorn. Därmed handlar olika tillämpningar främst om driftoptimering av system och processer. Samtidigt visar resultaten från projektets genomförda workshops och intervjuer att digitala tvillingar, som också innefattar information om byggmaterial i en dynamisk loggbok där korrekt och uppdaterad information finns tillgänglig, skulle vara av värde. Detta framförallt om en digital tvilling med en inkluderad loggbok finns innan dess fysiska motsvarighet är uppförd.

När en dynamisk loggbok inkluderas i den digitala tvillingen blir det möjligt att få ut information i form av resurssammanställningar och nyckeltal. Kompletta klimatdeklarationer för byggnader är ett sådant exempel.

På väg mot en dynamisk loggbok ser vi två steg som kan adresseras separat eller tillsammans. Dessa handlar dels om ökad delning av data dels om en samordnad digital materialsammanställning. En materialsammanställning som omfattar alla material som finns i en byggnad och som också uppdateras löpande i samband med renoveringar eller dylikt. Med en sådan materialsammanställning kan olika nyckeltal som rör byggnadens material göras levande över tid och loggboken kan därmed också utgöra en viktig funktion i en dynamisk digital tvilling.

Även om vi redan idag kan skönja embryon till digitala behöver nya aktörer knyts till utvecklingen för att skapa de vitala ekosystem som kan understödja innovation och utveckling av nya affärsmodeller. Identifierade aktörer i detta projekt ger därför en viktig hänvisning till aktörer som bör ingå i det digitala ekosystemet i syfte att främja upprättandet av digitala ekosystem för miljödata kopplat till byggmaterial. Vidare anser vi att aktörer bör inkluderas i olika skeden vid upprättandet av ekosystemet där identifierade nivåer i projektet är ett exempel.

Vad gäller blockkedjans roll i relation till utvecklingen av ett digitalt flöde av miljöinformation blir vår slutsats att denna teknik kan fylla viktiga funktioner i fråga om tillförlitlighet och spårbarhet i relation till informationen om byggmaterialen. Blockkedjan kan också vara ett verktyg för att logga olika typer av transaktioner i relation till en byggarbetsplats under pågående byggnation. Tekniken kan dock anses vara brådmogen i relation till den relativt låga



digitala mognadsgraden i bygg- och fastighetssektorn. Idag finns alternativa sätt att garantera äktheten i informationen kopplad till byggmaterialen; åtminstone för att svara mot den nivå av detaljrikedom som efterfrågas i nuläget. De förhållandevis avancerade lösningar som krävs för att etablera blockkedjetekniken inom byggsektorn i detta syfte kan därmed anses vara att "gå över ån efter vatten".

Sammanfattningsvis vill vi rekommendera de aktörer som på ett eller annat sätt kan och bör utgöra en del av de digitala ekosystem som kopplas till ett obrutet digitalt flöde av miljöinformation, under byggnadens totala livscykel, att fokusera på:

- Utvecklingen av ett standardiserat digitalt format av information kopplat till byggmaterialet som inbegriper miljö.
- Att arbeta mot och möjliggöra för att byggmaterialen ska bli en tillgång i den digitala tvillingen.
- Digital inmatning av miljöinformation. Blockkedjan kan garantera äktheten i transaktionerna av byggmaterial men redan via digital inmatning kan kvalitén på miljöinformation stärkas.
- Att fortsätta arbetet med att hitta sätt som, i alternativ till blockkedjan, kan garantera äktheten och stärka kvalitén på miljöinformationen i transaktionerna av byggmaterial.

För att skynda på denna utveckling rekommenderar vi slutligen att:

- Digitala flöden av miljöinformation premieras vid upphandling.
- Man arbetar mot att fler aktörer ska vilja samverka i delning av data för att undvika inlåsningseffekter.
- Att dessa aktörer ingår i de ekosystem där miljöinformation från byggmaterial premieras. Ekosystem som även kan generera nyckeltal och addera värde i fråga om exempelvis ett byggmaterials klimatpåverkan eller återbrukbarhet.
- Att, i fråga om utvecklingen av en loggbokstjänst som en del av en digitaltvilling, fortsätta utforska de tre möjliga tillvägagångssätten det vill säga ett designlett, ett integrationslett eller ett datalett arbetssätt.





## Referenser

Ahlm, M., Stattin, E. & Wohlén, M., 2020. *Digitala informationsflöden i byggprocessen - Vilka värden kan ett brutet informationsflöde mellan materialtillverkare och fastighetsägare skapa?*, Stockholm: Smart Built Environment.

Akademiska Hus, 2019. *Örebro får Sveriges första virtuella campus*. [Online] Available at: <https://www.akademiskahus.se/aktuellt/nyheter/2019/06/orebro-far-sveriges-forsta-virtuella-campus/> [Använd 18 februari 2020].

Atea, 2017. Digitala ekosystem förvandlar information till guld. *Atea Tomorrow*, 01 01.

BIM Alliance Sweden, 2018. *RealEstateCore*. [Online] Available at: <https://www.bimalliance.se/library/4515/realestatecore.pdf>

Blockbim, 2019. *How does Blockchain support the use of BIM?*. [Online] Available at: <https://medium.com/blockbim/how-does-blockchain-support-the-use-of-bim-f0850a45ced8> [Använd 30 November 2020].

Boverket, 2015. *Dokumentationssystem för byggprodukter vid nybyggnation*, u.o.: Boverket.

Carson, B., Romanelli, G., Walsh, P. & Zhumaev, A., 2018. *McKinsey Digital*. [Online] Available at: <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/blockchain-beyond-the-hype-what-is-the-strategic-business-value#> [Använd 19 februari 2020].

cdbb, 2018. *The Gemini Principles*, u.o.: u.n.

Chalmers tekniska högskola, 2020. *Satsning på digitala tvillingar ska revolutionera stadsutvecklingen*. [Online] Available at: <https://www.chalmers.se/sv/institutioner/ace/nyheter/Sidor/satsning-p%C3%A5-digitala-tvillingar-ska-revolutionera-stadsutvecklingen.aspx> [Använd 7 april 2020].

ComputerSweden, 2020b. *IT-ord: Kondensat*. [Online] Available at: <https://it-ord.idg.se/ord/kondensat/> [Använd 18 februari 2020].

Copenhagen Solution Lab, 2020. *City Data Exchange*. [Online] Available at: <https://cphsolutionslab.dk/en/news/city-data-exchange> [Använd 27 mars 2020].

Digigov, 2020. *digigov.se*. [Online] Available at: <https://digigov.se/events/realestatecore-spraket-for-hus-som-forstar-varandra-och-staden/> [Använd 14 februari 2020].

Eckerberg, K. o.a., 2019. *Objektshubb med*, u.o.: Smart Built Environment.

Ekholm, A. o.a., 2013. *BIM – Standardiseringsbehov*, u.o.: SBUF.

Erlandsson, M., 2017. *Framtidens smarta digitala miljöberäkning - introduktion till resurshubben och arbetsprocessen*, Stockholm: Smart Built Environment, IVL.

Fastighetstidningen, 2018. *Plats för den digitala tvillingen*. [Online] Available at: <https://fastighetstidningen.se/digital-tvilling/> [Använd 18 februari 2020].



Rapport C 561 – Loggbok för ett obrutet flöde av miljöinformation – Nya arbetssätt genom digitala ekosystem, blockkedja och digitala tvillingar.

Ganeriwalla, A. o.a., 2018. *Does your supply chain need a blockchain?*, u.o.: Boston Consulting Group.

Green, J. o.a., 2018. *Digital miljöinformation i byggprocessen*, Smart Built Environment: IVL, RISE.

GS1, u.d. *GS1 Artikelinformation - Logistisk information för bygg, el och VVS*. [Online] Available at: <https://gs1.se/wp-content/uploads/sites/2/2020/07/gsl-artikelinformation-logistisk-information-for-bygg-el-och-vvs-branscherna.pdf> [Använd 25 November 2020].

Happiness, 2020. *Vad är API*. [Online] Available at: <https://www.happiness.se/artiklar/vad-ar-api> [Använd 3 december 2020].

Konsumentverket, 2018. *Konsumenterna och miljön 2018 - möjligheter att göra val med hänsyn*, u.o.: u.n.

Lamb, K., 2018. *Blockchain and Smart Contracts: What the AEC sector needs to know*, u.o.: Center for Digital Built Britain.

Lamb, K., 2019. *Principle-based digital twins: a scope review*, u.o.: Center for Digital Built Britain.

LKF, 2020. *Pilotprojekt på LKF - framtidens fastighetsförvaltning*. [Online] Available at: <https://www.lkf.se/om-oss/nyheter/2020/pilotprojekt-pa-lkf--framtidens-fastighetsforvaltning/> [Använd 27 november 2020].

MagiCAD, 2020. *Vad är en digital tvilling?..* [Online] Available at: <https://www.magicad.com/sv/blog/2019/06/vad-ar-en-digital-tvilling/> [Använd 13 februari 2020].

Myndigheten för tillväxtpolitiska utvärderingar och analyser, 2017. *Digital mognad i svenskt näringsliv*, Östersund: Myndigheten för tillväxtpolitiska utvärderingar och analyser.

NCC; PEAB; Veidekke; JM AB; SKANSKA; BIM Alliance Sweden; Byggmaterialindustrierna; Byggmaterialhandlarna; 2018. *gs1.se*. [Online] Available at: <https://gs1.se/wp-content/uploads/sites/2/2020/07/principbeslut-gtin-20180412.pdf> [Använd 1 September 2019].

Philip, J., Burchardi, K. & Shepherd, N., 2019. *Capturing the value of blockchain*, u.o.: BCG.

PwC, 2018. *Blockchain is here. What's your next move?*, u.o.: PwC.

PwC, 2020. *Vad är blockchain?*. [Online] Available at: <https://www.pwc.se/sv/blockchain.html> [Använd 25 November 2020].

Ramböll, 2020. *Vad är en digital tvilling?*. [Online] Available at: <https://se.ramboll.com/press/artiklar/vad-ar-en-digital-tvilling> [Använd 13 februari 2020].

RISE, 2018. *City as a Platform*. [Online] Available at: <https://www.ri.se/sv/vad-vi-gor/projekt/city-platform> [Använd 2 april 2020].

RISE, 2019. *Smart Cities [Video]*. [Online] Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=5n376ZYNzc8&feature=youtu.be>

Service Work Global (SWG), 2020. *Digital tvilling*. [Online] Available at: <https://www.swg.com/se/aktuellt/branschnytt/digital-tvilling-vardefull-informationskalla-och-tekniksprang-fastighetsforvaltare/> [Använd 13 februari 2020].



Rapport C 561 – Loggbok för ett obrutet flöde av miljöinformation – Nya arbetssätt genom digitala ekosystem, blockkedja och digitala tvillingar.

Sveder Lundin, J., 2019. *Digital LCA*, Stockholm: Smart Built Environment.

Svensk Byggtidning, 2019. *Sveriges största digitala inomhusmodell är startskottet för en ny era i fastighetsbranschen*. [Online]

Available at: <https://www.svenskbyggtidning.se/2019/07/02/sveriges-storsta-digitala-inomhusmodell-ar-startskottet-for-en-ny-era-i-fastighetsbranschen/>

[Använd 14 april 2020].

Svensk Handel, 2018. Start ökat hållbarhetsintresse hos konsumenterna - och handelsföretagen är redo. *Svensk Handels hållbarhetsundersökning*.

TechTarget, u.d. *Digital ecosystem*. [Online]

Available at: <https://searchcio.techtarget.com/definition/digital-ecosystem>

[Använd 12 november 2020].

Telia Company, 2016. Digitala ekosystem skapar värde för smarta samhällen. *Bättre affärer*, 01 01.

Telia Company, 2017. *Ny rapport: Sverige har en bit kvar*. [Online]

Available at: <https://www.teliacompany.com/sv/nyhetsrum/news-articles/2017/sverige-har-en-bit-kvar/>

[Använd 12 november 2020].

Telia, 2017a. *Digitala ekosystem skapar värden för smarta samhällen*. [Online]

Available at: <https://blogg.telia.se/battreaffarer/2017/04/24/digitala-ekosystem-skapar-varde-for-smarta-samhallen/>

[Använd 26 mars 2020].

Telia, 2017b. *Mälarenergi bygger värden för samhällsnytta*. [Online]

Available at: <https://www.telia.se/foretag/trender-och-nytta/2017/April/malarenergi-bygger-varden-for-samhallsnytta>

[Använd 27 mars 2020].

Turk, Ž. & Klinc, R., 2017. *Potentials of Blockchain Technology for Construction Management*, Primosten, Croatia: Elsevier Ltd..

Vasakronan, 2019. Digital koll på kontoret. *En bättre värld - en tidning från Vasakronan*, 1(Mars), pp. 4-8.

Wharton University of Pennsylvania, 2019. *How Blockchain Will Redefine Supply Chain Management*. [Online]

Available at: <https://knowledge.wharton.upenn.edu/article/blockchain-supply-chain-management/>

[Använd 25 oktober 2019].

Vinnova, 2019a. *Nya datalabb ska snabba på utvecklingen inom AI*. [Online]

Available at: <https://www.vinnova.se/nyheter/2019/12/nya-datalabb-ska-snabba-pa-utvecklingen-inom-ai/>

[Använd 2 april 2020].

Vinnova, 2019b. *Smarter City Labs*. [Online]

Available at: <https://www.vinnova.se/en/p/smarter-city-labs/>

[Använd 14 april 2020].

Voister, 2017. *Det digitala ekosystemet måste mogna*. [Online]

Available at: <https://www.voister.se/artikel/2017/05/de-digitala-ekosystemen-maste-mogna/>

[Använd 28 februari 2020].

Zihao, Y., Mengtian, Y., Llewellyn, T. & Haobo, J., 2018. *Cup-of-Water theory: A review on the interaction of BIM, IoT and blockchain during the whole building lifecycle*, u.o.: Department of Architecture and Built Environment, University of Nottingham Ningbo China, China.

# Bilaga 1. Digital kvalitetssäkring ger större tillit för miljödata

Litteraturgenomgångarna och intervjuerna i detta projekt har visat att för att det ska finnas ett värde av att lagra miljöinformation digitalt direkt i en loggbok, en digital tvilling eller via en blockkedja krävs det att informationen är korrekt och går att lita på. För att genomföra detta kan digital kvalitetssäkring anses vara det mest kostnadseffektiva alternativet.

Genom omvärldsanalys har vi samlat underlag om analoga och digitala strategier för kvalitetssäkring av miljöinformation. Omvärldsanalysen har fokuserats på kvalitetssäkring förknippade med deklarerationer och olika former av märkningar i byggsektorn samt inom livsmedelsindustrin och fordonsindustrin. Vidare har vi använt dessa kartläggningar och analyser för beskrivningen av vad som krävs för digitala loggböcker, som svarar mot kraven på korrekt och tillförlitlig miljöinformation, ska kunna upprättas.

Att notera är att dessa steg är oavhängiga integration av datan i digitala tvilling och blockkedja och handlar enbart om att förbättra kvaliteten på inmatade data. Nedan följer en redovisning av de steg som projektet föreslagit för att förbättra kvalitetssäkring samt steg för ökade digitala inläsningar som projektet bidragit till för verktyget BM.

Flera olika möjligheter finns att på ett digitalt sätt kvalitetssäkra inmatning av miljöinformation, exempelvis i en eBVD. Hur implementering av identifierade lösningar kan tänkas gå till är inte helt självklart och kommer sannolikt bero på det befintliga verktyget. I denna del redovisas därför en prioriteringsordning för implementering av de förslag på kvalitetssäkring och ökad användarvänlighet vilka identifierats i undersökta verktyg. Prioriteringsordningen nedan görs utifrån mängden resurser som förutspås behövas för implementering tillsammans med den effekt åtgärden kan få på kvalitén hos den inmatade miljöinformation.

## **Steg 1: Förbättra användarvänligheten.**

En del undersökta åtgärder är mer konkreta än andra och borde vara enklare att implementera. Dessa åtgärder är framförallt inriktade på användarvänlighet vilket medför att antal fritextfält bör begränsas så långt som det är möjligt. Enklare regler likt formatering av specifika ID-nummer, maxvärden för procent och kontroll av dubletter kan även anses utgöra konkreta åtgärder. I ett första steg är det därför dessa vilka först borde implementeras. Effekten av åtgärderna är svåra att förutspå men kan tänkas innebära att det använda verktyget blir tydligare och mer standardiserat samt att enkla felskrivningar undviks.

## **Steg 2: Vägledning och automatisk validering.**

För andra åtgärder är det tydligt vad som behöver göras men själva implementeringen kan ändå kräva en del insatser, till exempel i form av tid. Dessa kan tänkas vara implementering av hjälptexter till specifika fält, varning vid fel (automatisk validering) och tillgång till övningsvideo samt instruktioner. Genom att göra hjälpmedel mer lättillgängliga kan



missförstånd kring efterfrågad information minska, det blir lättare att göra rätt vilket bör medföra att kvalitén på insamlad information ökar. Åtgärder av detta slag kan därför prioriteras i ett andra steg.

### Steg 3: Implementering av maskininlärning.

På sikt kan implementerade regler och åtgärder utvecklas och maskininlärning implementeras. Använt verktyg kan då känna igen frekventa fel samt ge rekommendationer för korrekt format och föreslå rättelser baserat på tidigare validerad information.

Smarta åtgärder likt maskininlärning och AI är något mer visionära. Dessa åtgärder kräver troligen även mer resurser i form av tid och kunskap jämfört med resterande nämnda åtgärder. För att maskininlärning ska fungera på ett högkvalitativt sätt behövs även en stor mängd data vilket saknas i dagsläget.

### Formatering, automatisering och maskininlärning ger ökad digital kvalitetssäkring för artikelinformation

Utifrån studerade digitala verktyg går det att se att kvalitetssäkring med ett digitalt arbetsätt kan erhållas via olika moment. Identifierade digitala verktyg för artikelinformation är ValidooDataEntry<sup>3</sup>, eBVD-verktyget<sup>4</sup>, IMDX<sup>5</sup> samt CDX<sup>6</sup>. Där ValidooDataEntry och eBVD-verktyget studerats närmare. I Tabell 4 "Sammanställning av metoder och strategier för analog & digital kvalitetssäkring (i samtliga fall är tillverkaren informationsansvarig)" nedan ges en översikt av granskade verktyg, typ av kvalitetskontroll och om verktyget hanterar information med lagkrav.

**Tabell 4 Sammanställning av metoder och strategier för analog & digital kvalitetssäkring (i samtliga fall är tillverkaren informationsansvarig)**

Verktyg	Kvalitetskontroll	Lagkrav
IMDS (DXC)	Till viss del automatiserad	Delvis
CDX (DXC)	Till viss del automatiserad	Delvis
ValidooDataEntry (Validoo (GS1))	Automatiserad	Delvis
eBVD-verktyget	Till viss del automatiserad	Delvis

Systemen ValidooDataEntry och eBVD-verktyget syftar till att samla in och kvalitetssäkra information på ett standardiserat och säkert sätt där hänsyn tas till produktkänslig information samtidigt som verktygen underlättar för tillverkare, leverantörer och beställare. Tjänsterna använder i varierande grad automatiserad digital kvalitetskontroll. Information matas in och validering av överensstämmelse och format kontrolleras automatiskt.

<sup>3</sup> ValidooDataEntry, verktyg för artikelinformation för bl.a. livsmedel och byggprodukter, ägs av GS1 och kopplas till ett unikt ID-nummer.

<sup>4</sup> eBVD-verktyget, verktyg för eBVD, en digital version av byggvarudeklarationer (BVD) ägs av IVL Svenska miljöinstitutet AB och Bygghandelsindustrin.

<sup>5</sup> IMDS, en internetbaserad plattform inom fordonsindustrin framtagen för att underlätta återvinning av kasserade bilar och ägs av DXC.

<sup>6</sup> CDX har utvecklats från IMDS för att nå ut till andra industrier än fordonsindustrin men fungerar på liknande sätt som IMDS.



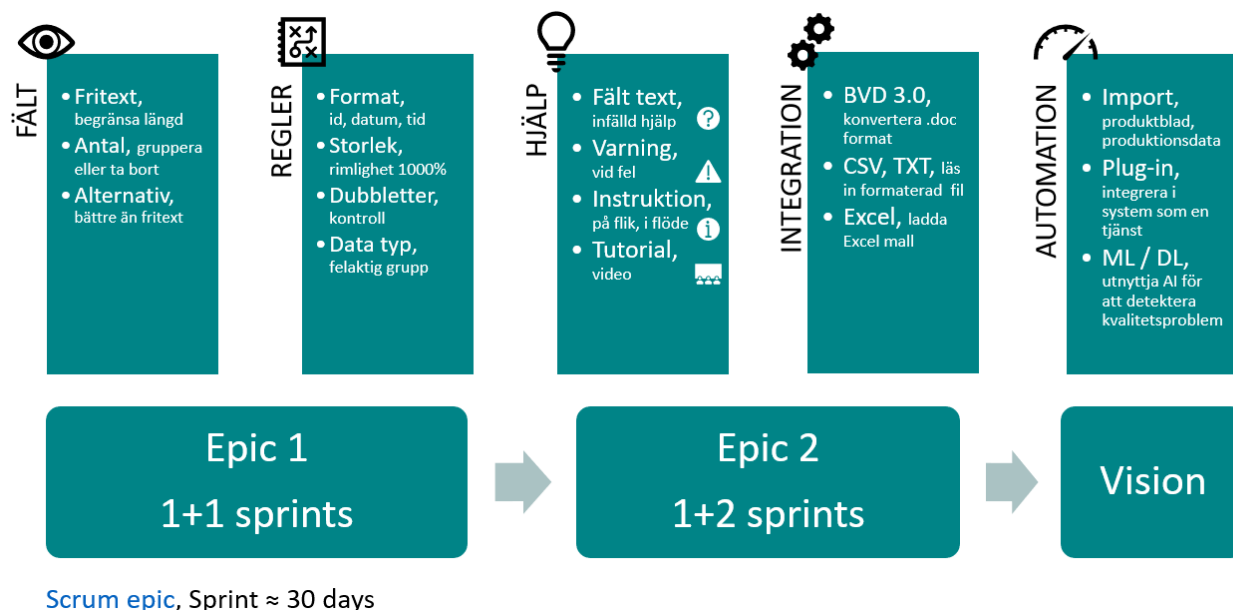
Bland dessa finns formatering /programmering vilket innebär att regler för hur fält kodas inte ska ge utrymme för tolkning. Därmed ska dessa endast möjliggöra avläsning på ett sätt. Ska ett fält endast få innehålla siffror bör regeln exempelvis vara beskriven som "endast siffror" och inte som "inte bokstäver". Nedan ges några exempel på formatering från studerade verktyg:

- Celler kan formateras utefter det svar som önskas. Ett exempel här är när datum efterfrågas kan svaret formateras utefter ÅÅÅÅMMDD. Formateringen kan även innebära att inskrivna tecken endast får vara siffror. Försöker användaren skriva in något annat ger det inte utslag i svarsrutan. Liknande kan göras för andra typer av siffer- och/eller bokstavskombinationer. Det finns även nummer vilka har den sista siffran som kontrollsiffra, svaret kan då formateras utefter att denna siffra är korrekt.
- Genom att göra svarsfält obligatoriska går det inte att färdigställa dokumentet utan att fältet är ifyllt. Implementeras även regler för exempelvis format kan reglerna tillsammans bidra till att fel upptäcks innan dokumentet kan publiceras.
- Kriterier för vad som är godkänt/inte godkänt kan även implementeras för att se till att orimliga svar inte är möjliga. Detta kan gälla allt från årtal till koncentrationer och specifika material. Vid exempelvis årtal kan ett orimligt årtal göra att systemet ger utslag och användaren notifieras.
- Finns det endast ett begränsat antal svar på frågan kan det vara lämpligt med flervalsoalternativ. Med flervalsoalternativ standardiseras formaten på svaren vilket ökar möjligheterna till att rätt område besvaras samtidigt som samtliga användare svarar på frågan på ett likartat sätt.
- Förekommer det flervalsoalternativ kan regler i kommande fält anpassas utefter det valda alternativet.

Ett komplement till formatering är automatisk validering. Här sker en kontroll av samtliga svar utefter den beskrivning (formatering) som finns kopplad till varje fråga. Är det exempelvis innehåll som ska fyllas i och enheten % kan det automatiskt varnas för om orimliga värden likt 150 % fylls i. Användaren får därmed direkt reda på om det är något som inte stämmer och om något behöver justeras. Denna validering kan både göras direkt när informationen skrivs in och innan informationen publiceras.

Det finns även avancerade metoder för digital kvalitetssäkring. Två av dessa är automatisk inläsning och maskininläring. Med automatisk inläsning kan bryggor skapas mellan liknande dokument. Har tillverkaren av en produkt skapat andra dokument, exempelvis SDB eller analog BVD, där en del av frågorna överensstämmer med eBVD:n kan den automatiska inläsningen hämta information och föra över den till det aktuella dokumentet.

Genom maskininläring kan regler för hur fält programmeras bli "smarta" och känna igen frekventa fel samt ge rekommendationer för korrekt format och föreslå rättelser baserat på tidigare validerad information. Detta kan exempelvis innebära att inmatad data för en produkt jämförs med liknande produkter. Till följd därav kan en produkt som skiljer sig markant från liknande produkter uppdagas och en notis kan ges till ansvarig. Åtgärderna illustreras i en "road map" i Figur 17.



Figur 17 "Road map" för implementeringsordning samt uppskattad användning av resurser uttryckt i tid. Egen bild.

### Slutsatser

I dagsläget är eBVD den enda samordnade digitala källan miljöinformation om byggmaterialprodukter som stöds av byggmaterialleverantörerna. Det finns inga krav från undersökta aktörer på att använda eBVD:er vid insamling av denna information. Styrkan hos eBVD:n och digitaliseringen av miljöinformation kan endast fungera om den faktiskt används. Genom att erbjuda ett genomarbetat sätt att kvalitetssäkra den inmatade informationen i exempelvis eBVD:n skulle det finnas större motivering för aktörer att premiera digital miljöinformation som den främsta källan på denna typ av information. Kan fördelen med ett digitalt kvalitetssäkrat dokument kommuniceras till användarna hade möjligen motiveringen stärkts ytterligare.

En granskning av insamlad miljöinformation via tredje part av eBVD skulle troligtvis vara förknippad med höga kostnader vilket medför att kvalitetssäkring på detta sätt blir svårt att genomföra. Kostnaden för implementering av digital kvalitetssäkring lär inkludera initiala kostnader men bör med tiden inte kosta mer än driften av det aktuella verktyget.

## Bilaga 2. Digitala inläsningar har gett fler klimatkalkyler

Utveckling och implementering av digitala verktyg går snabbt i branschen och marknads efterfrågan på beräkningsstöd för klimatdeklarationer har ökat kraftigt de senaste åren. En av huvudslutsatserna i Smart Built Environment-projektet Digital LCA<sup>7</sup> (Sveder Lundin, 2019) är också att digital inläsning måste implementeras för att LCA ska kunna användas som ett verktyg för att minska klimatpåverkan och nå en klimatneutral byggsektor 2045.

Två delmoment har utförts inom ett av arbetspaketen för Innovationsplattform för Hållbart Byggnade med fokus på utvecklingen av Byggsektorns miljöberäkningsverktyg (BM) för att möta denna efterfrågan. Det samlade målet för de båda delmomenten var att möjliggöra digital inläsning av resursregister till BM från en uppsättning olika kalkylverktyg.

I första delmomentet utvecklades en *prototyp för stödfunktion av digital inläsning* till BM av resurssammanställningar från kalkylverktyg. Delmomentet utfördes i samarbete mellan IVL och de företag som tillhandahåller kalkylverktygen; Sektionsdata (Wikells), Bidcon (Elecosoft), MAP (Unit4), VICO Cost Planner (Nolliplan) och SPIK (Skanska). Genom projektet undersöktes de tekniska förutsättningarna för digital inläsning till BM från respektive av de ovan nämnda kalkylverktygen. Genom prototypen för stödfunktionen som arbetades fram i projektet möjliggjordes senare digital inläsning till BM av resursregister som exporterats från kalkylverktygen. Prototypen har därmed spelat en avgörande roll för branschens möjlighet att genomföra kostnadseffektiva klimatberäkningar, då tidsåtgången för inläsning på digital väg är avsevärt mindre än vid manuell inläsning. Familjebostäder är ett framgångsexempel i detta sammanhang. Vidareutvecklingen av prototypen har även skapat fler pilotprojekt, då denna har gått hand i hand med beräkningsprojektet "Klimatkrav till rimlig kostnad" (Allmännyttan/SIVL) i vilket bland annat Boverket är med i referensgruppen, samt även LFM30 och dess följarprojekt. Totalt har minst 21 klimatberäkningar följt i kölvattnet av prototypen för digital inläsning. För att öka effekten av prototypen utvecklades i det andra delprojektet en användarhandledning som uppdatering och tillägg till BM-manualen. Användarmanualen med instruktioner för hur digital inläsning genomförs med respektive kalkylverktyg finns tillgängligt på IVL:s hemsida<sup>8</sup>. Användarhandledningen omfattar detaljerade beskrivningar för hur export av en resurssammanställning genomförs från samtliga av de ovan nämnda kalkylverktygen. Handledningen inkluderar också instruktioner för hela beräkningsprocessen i BM då digitalt inlästa resursregister används. Handledningen har i första hand förenklat marknads arbete med digital inläsning.

---

<sup>7</sup> [https://www.smartbuilt.se/library/5556/sammanfattanden\\_slutrapport\\_testpiloter.pdf](https://www.smartbuilt.se/library/5556/sammanfattanden_slutrapport_testpiloter.pdf)

<sup>8</sup> <https://www.ivl.se/projektwebbar/byggsektorns-miljoberakningsverktyg/fragor-och-installation.html>



## Bilaga 3. Guide för implementering av blockkedjor

Detta avsnitt tar upp viktiga aspekter vid implementering av blockkedjor generellt för alla typer av verksamheter och branscher. Avsnittet baseras framförallt på framtaget material av Pricewaterhousecoopers, PwC, (2018) samt en intervju från Wharton University of Pennsylvania med Dr Stefan Gstettner från Boston Consulting Group (BCG) (2019).

Utifrån studerat material framgår det att det finns en del att ta reda på innan ett beslut om att implementera blockkedjor tas. Dr Stefan Gstettner (Wharton University of Pennsylvania, 2019) menar till exempel i sin intervju att huruvida implementeringen av en blockkedja kommer vara lönsam eller inte huvudsakligen beror på två faktorer. Den första är vilket värde automation har, om det behöver gå snabbt och vara effektivt. Den andra är vilket värde tillit har, om det är flera olika parter involverade. Är svaret på båda frågorna högt och flera är det sannolikt att blockkedja kan var en lönsam investering menar han (Wharton University of Pennsylvania, 2019).

I en rapport från PwC (2018) identifieras olika steg för implementering av blockkedjor där det första steget, precis som Gstettner (2019) beskriver, går ut på att identifiera om blockkedjetekniken är den bästa lösningen. Istället för Gstettners två aspekter, tillit och automation, har PwC sex olika boxar där minst fyra behöver stämma överens med området där blockkedjan planeras att implementeras. Boxarna redovisas i Tabell 5 nedan (PwC, 2018).

**Tabell 5 Sex boxar med frågor vilka bör ställas innan implementering av blockkedjor genomförs (PwC, 2018).**

1. Har flera parter i nuläget behov av att dela data?	2. Behöver denna data uppdateras frekvent?	3. Behöver data valideras?
4. Adderar mellanled komplexitet?	5. Är interaktioner tidskrävande?	6. Påverkar transaktionerna varandra?

Stämmer minst fyra av dessa påstående med implementeringsområdet anser PwC att blockkedja kan vara den rätta lösningen (PwC, 2018). I en annan artikel från Boston Consulting Group (BCG) (Ganeriwalla, et al., 2018) förekommer en liknande checklista.

Fattas beslutet om att blockkedjetekniken är den teknik man vill gå vidare med påbörjas själva implementeringen. Här menar PwC (2018) att implementering av en blockkedja skiljer sig mot traditionell implementering av IT och att blockkedjor därför inte bör implementeras på traditionella affärsmodeller. Istället behöver nya lämpliga affärsmodeller tas fram. Nedan beskrivs viktiga aspekter att ta med sig vid implementering av blockkedjor.

- ◆ Börja i liten skala.

I startskedet understryks betydelsen av att påbörja projektet i liten skala. Är det flera intressenter som förutspås involveras bör trots detta endast ett fåtal väljas ut till att delta i ett



mindre pilotprojekt (PwC, 2018) (Wharton University of Pennsylvania, 2019). Fördelen med att börja i liten skala är även att det bidrar till bättre kontroll samt till större tillit till tekniken (PwC, 2018). Med detta i åtanke bör däremot implementeringen av blockkedjor ha som mål att skalas upp (PwC, 2018).

◆ Skapa kompatibilitet.

Kompatibilitet mellan olika system beskrivs vara en avgörande faktor. Kompatibilitet är en avgörande faktor och behövs för att information som förs över från olika aktörer till blockkedjan ska vara standardiserad. Exempel är namnkonvention, och systemomfattande datamodeller (PwC, 2018).

◆ Bestäm styrmodell.

Avgör vem som äger systemet. Kan vara en eller flera aktörer. Ägaren eller ägarna sköter underhåll och service, hantering av kostnader och fördelar samt fattar viktiga beslut och samlar in avgifter från andra aktörer. Här menar PwC (2018) att ett effektivt sätt är att vara medlem i ett branschkonsortium alternativt annan verktygsenhet som kan påverka marknaden och ansvarar för blockkedjeinfrastrukturen.

◆ Besluta om informationstillgänglighet.

Besluta om vilken information olika aktörer kommer få ta del av samt vad de får göra med informationen. Detta steg börjar därmed med att bestämma den strategiska affärsmodellen, vilket i sin tur inkluderar att bestämma om blockkedjan baseras på tillstånd eller inte. Det ska även avgöras om blockkedjan ska vara offentlig, tillgänglig för alla, eller privat, att endast inbjudna får delta (PwC, 2018). Det går även att skapa en kombination kallat hybrida blockkedjor eller konsortium (Zihao, et al., 2018).

◆ Navigera osäkerheter.

I ett sista steg beskriver PwC (2018) hur reglering av lagar och regler kan sätta käppar i hjulet för implementering av blockkedjor, exempelvis kraven för EU:s GDPR. Givet den nuvarande situationen bör företag försöka övervaka utvecklingen av lagar och regler samt föra konversation med beslutsfattare (PwC, 2018).

## Bilaga 4. Sammanfattning av intervjuer

För att belysa möjligheter, drivkrafter, praktiska hinder och risker kopplade till blockkedjor med avseende på digitalt spårbar miljöinformation utfördes intervjuer med byggmaterialleverantörer, fastighetsägare och byggtreprenörer. Även en expert på blockkedjor från ett stort mjukvaruföretag samt Lantmäteriet intervjuades. Totalt utfördes 10 intervjuer.

Endast experterna hade en djupare kunskap om applicering av blockkedjetekniken, resterande aktörer hade hört talas om blockkedjor men majoriteten hade inte några djupare kunskaper om tekniken. Den låga kunskapen om blockkedjor och dess möjligheter i byggbranschen gjorde att intervjuerna fokuserade på att diskutera drivkrafter, problem och möjligheter med spårbarhet och tillit relaterat till byggmaterial. Detta då blockkedjetekniken ofta förknippas med just ökad spårbarhet och tillit.

Från intervjuerna gavs uppfattningen att blockkedjetekniken framstod som en idag relativt okänd teknik i byggbranschen, och att det behöver skapas en tilltro till blockkedjetekniken i sig. Implementeringen av blockkedjor i byggbranschen överlag framstod även som en mognadsfråga. Den allmänna uppfattningen verkade vara att det kommer ta tid innan blockkedjor är möjliga att tillämpa inom byggbranschen i Sverige. En del i arbetet ansågs vara att skapa tillräckligt starka incitament för att koppla samman de olika systemen som informationen är spridd över. Detta tillsammans med att ett flertal intervjupersoner även uttryckte ett behov av gemensamma informationsstandarder för att kunna börja arbeta med blockkedjor. Flera av de intervjuade lyfte också fram vikten av att hitta värdet med att implementera blockkedjor, främst i form av ekonomiska incitament.

### **Fler incitament till ett obrutet informationsflöde av miljöinformation behövs**

Att skapa ett obrutet informationsflöde mellan materialtillverkare och fastighetsägare ansågs överlag däremot som viktigt eller väldigt viktigt, i ett fall som helt nödvändigt för att säkerställa att korrekt information förmedlas. Här beskrev byggmaterialsidan i en av intervjuerna att de såg ett värde i digitalt spårbar miljöinformation för att i breda termer få en bild av hur det ser ut i byggsektorn. Detta med avseende på hur det byggs, vilka byggprodukter som används och vilken klimatpåverkan som byggprodukterna har. Flera andra möjligheter lyftes från byggtreprenörerna där värdet av att kunna ge tillförlitliga uppgifter kring byggprodukter nämndes som ett exempel. Denna information menade man sedan skulle kunna användas för att förenkla arbetet vid eventuell sanering. Fastighetsägarsidan beskrev i sin tur att det skulle vara värdefullt att kunna spåra egenskaper för en byggnadsdel. Dessa egenskaper beskrevs vara exempelvis bärförmåga, beständighet samt information som kan indikera på när en produkt närmar sig "end of design" eller "end of life" och behöver bytas ut.

### **Blockkedjan kanske kan skapa tillit**

Vidare beskrevs det i en av intervjuerna med byggtreprenörerna att blockkedjan kanske skulle kunna användas som möjliggörare för riktade revisioner av leverantörer och underleverantörer. Detta genom att spåra information angående hållbarhetsfrågor som arbetsvillkor och produktursprung, ett arbete som de menar idag utförs genom bl a rundringning och enkäter. Vidare beskrev synergier mellan blockkedjor och tillämpning relaterad till den nya lagen om klimatdeklarationer.

En av byggtreprenörerna såg också en potential i att säkerställa tillit mellan partner, med exempelvis tillämpning mot kvalitetsuppföljning. Den ökade tilliten beskrevs då bestå i en möjlighet för kunden att kunna få överblick över uppkomna kvalitetsavvikelser under produktionen, och vilka av avvikelserna som har blivit åtgärdade.

### **Låga risker kopplade till blockkedja men tveksamheter kring datasäkerhet och kapacitet**

Vad gäller risker kopplade till digitalt spårbar miljöinformation ansåg de flesta av de intervjuade inte att det fanns några större risker, utan såg spårbarheten som främst positiv. De betänkligheter som fanns var främst risker förknippade med att öppna upp data och koppla den till en blockkedja. Rädslan för att information relaterat till företaget eller dess processer och produkter skulle bli röjda för konkurrenter nämndes bland annat.

Det beskrevs också ett motsatsförhållande med blockkedjetekniken i sig avseende kvaliteten på informationen kontra förtroendet för informationen i blockkedjan. En av de intervjuade ansåg att förtroendet ökade med antalet personer som kan verifiera data medan man var orolig för att kvalitén på inmatade data riskerade att bli sämre med fler aktörer.

Ett hinder för att implementera digitalt spårbar miljöinformation överlag ansågs också vara en låg digital mognad hos fåmansföretagen i byggbranschen som inte har kapaciteten att hantera administrationen kring digitala lösningar.

En av de intervjuade med större kunskap om blockkedjorna var av uppfattningen att det finns ett stort intresse för blockkedjor i Europa. Det delades också en bild av att man har kommit längre i arbetet med blockkedjor i andra länder i Europa i förhållande till Sverige. Som exempel nämndes Finland och deras arbete med implementeringar inom fastighetssektorn. Uppfattningen var också att blockkedjor idag inte är så tillgängliga på fastighetssidan i Sverige. Detta ansågs höra ihop med en svårighet att implementera distribuerade lösningar och en ovana att arbeta i digitala ekosystem. Detta både rent tekniskt, men också ur andra hänseenden.

### **Delad uppfattning kring tillförlitligheten för dagens miljöinformation**

Tillförlitligheten för den miljöinformation vi har i Sverige idag var delad bland de intervjuade. Från fastighetsägarsidan fanns det synpunkter angående brist för tillförlitlighet medan en byggtreprenör menade att dagens miljöinformation är bra nog utifrån de befintliga förutsättningarna. Från byggmaterialsidan lyftes istället svårigheterna kring sidoflöden och svårigheter att koppla miljöinformationen till rätt produkt. Här nämndes avsaknaden av ett



Rapport C 561 – Loggbok för ett obrutet flöde av miljöinformation – Nya arbetssätt genom digitala ekosystem, blockkedja och digitala tvillingar.

unikt ID vara en del av problemet. Även problem kopplat till produkter med ett GTIN:nr lyftes där den intervjuade menade det inte är ovanligt att en produkt har ett GTIN:nr som egentligen avser dess förpackning.

# Bilaga 5. WS 1 och 2 – ekosystem för digitalt spårbar miljöinformation

Två interna WS:ar har genomförts i syfte att identifiera aktörer vilka bör ingå i ett framtida ekosystem för delning av digitalt spårbar miljöinformation. WS:arna har ägt rum inom projektet "Innovationsplattform för hållbart byggande" och arbetspaket 3 (AP3) " Disruptiv samverkan och utveckling av innovationsekosystem".

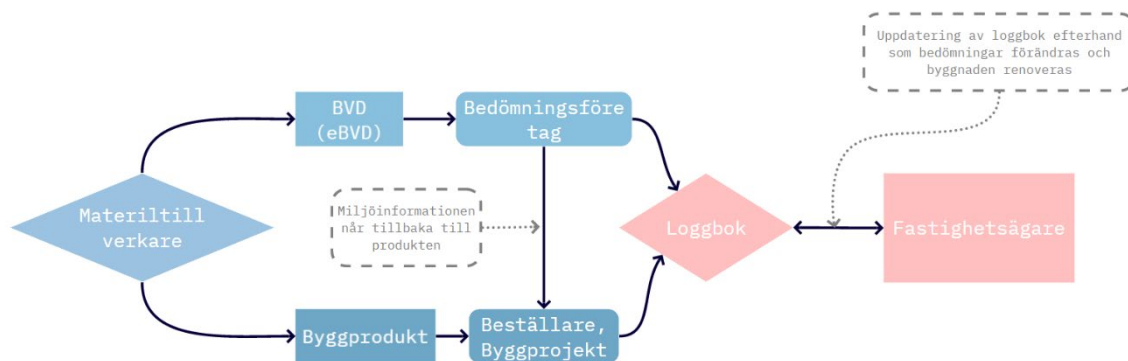
Deltagare i WS:arna representerar olika områden relaterade till digitalt spårbar miljöinformation och flera av deltagarna har jobbat eller jobbar aktivt inom projektet. Deltagarna specificeras i Tabell 6 nedan. Därefter presenteras respektive WS var för sig.

Tabell 6 Deltagare för WS 1och 2 samt området de representerar.

Deltagare	Representerar
Maria Ahlm	Avfall och återbruk, länk till SBE-projekt
Jeanette Green	Loggbok, projektledning, länk till tidigare projekt
Åsa Thrysin	Byggprojekt, Byggprocess, Klimatredovisning
Sussi Wetterlin	Materialtillverkning/Bedömningsföretag
Frida Görman	Projektets AP1, Byggprocessens värdekedja
Filip Sandkvist	eBVD, Klimatredovisning
Mattias Wohlén	Nya former för digitala informationsflöden
Eva Stattin	Projektets AP3, länk till SBE-projekt

## WS1 identifiering av värde

WS1 syftar till att identifiera värden längs med leverantörskedjan för byggmaterial samt dess miljöinformation. Leverantörskedjan som ritades upp är en förenklad version i syfte att upprätta en loggbok, kedjan går att se i Figur 18 nedan.



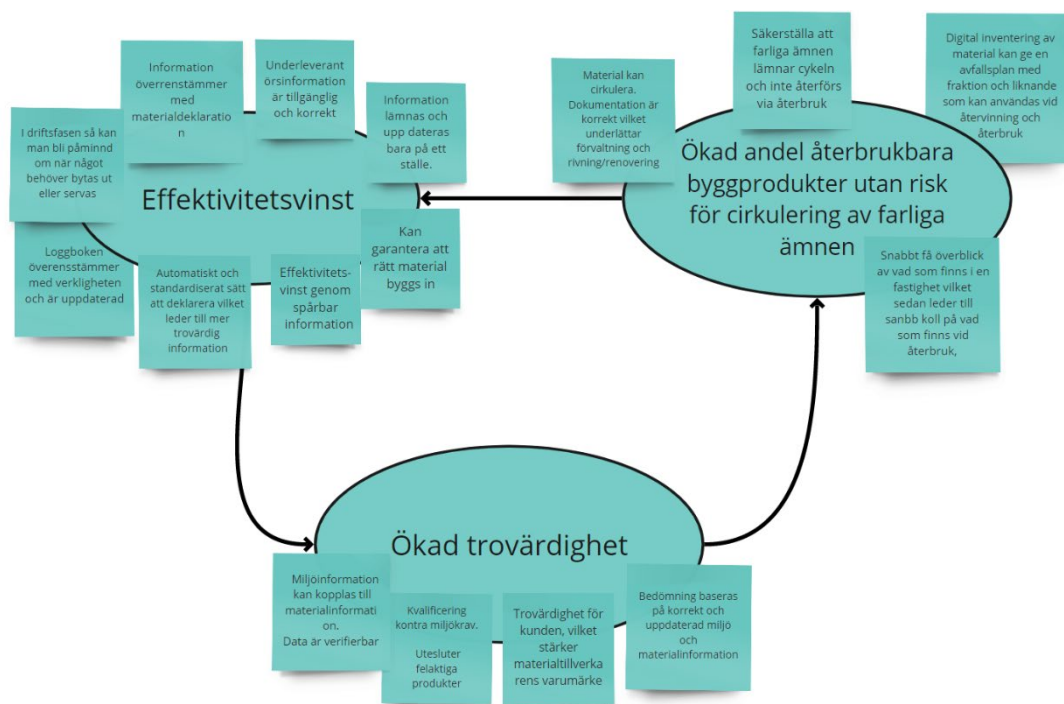
**Figur 18** Förenklad bild över leverantörskedjan för en byggprodukt samt dess miljöinformation i syfte att upprätta en loggbok.

Under WS1 delades deltagarna in i två lag där värden vilka skulle kunna komma från digital spårbar miljöinformation i leverantörsleden identifierades. Till värdena identifierades problem kopplat till att nå identifierade värden samt orsak till respektive problem. Till sist identifierades lösningar vilka en blockkedja skulle kunna bidra med. Deltagarna fick begränsad tid på sig (ca 30 min) för att genomföra uppgiften. Nedan ges en sammanställning av resultatet från WS:en där värde, problem, orsak och lösningar har aggregerats.

### Identifiering av värden

Identifierade värden från WS:en presenteras i Figur 19 nedan. Värdena hänger samman där den ökade spårbarheten ligger till grund för samtliga värden. Identifierade värden kan aggregeras till:

- ◆ Effektivitetsvinst
- ◆ Ökad trovärdighet
- ◆ Ökad andel återbrukbara byggprodukter utan risk för cirkulering av farliga ämnen



Figur 19 Identifierade värden från WS:en aggregerade till tre "huvudvärden".

Identifierade värden är framförallt kopplade till effektivitetsvinster. Effektivitetsvinsterna beskrivs bland annat som; att insamlad information överensstämmer med materialdeklarationer, information lämnas och uppdateras på ett ställe, att en garanti finns för att rätt material byggs in samt att loggboken överensstämmer med verkligheten och är uppdaterad.

Värden kopplade till återbrukbara produkter är istället värden som exempelvis; säkerställa att farliga ämnen lämnar cykeln och inte återförs via återbruk, digital inventering av material kan ge en avfallsplan med fraktioner som kan användas vid återvinning och återbruk samt snabbt få överblick av vad som finns i en fastighet. Den senare kan även kopplas till en effektivitetsvinst. Värden som kopplats till ökad trovärdighet är till exempel; miljöinformationen kan kopplas till materialinformationen där data är verifierbar och stärker materialtillverkarens varumärke.

## Problem och orsak

Identifierade problem samt orsak till problemen presenteras i Figur 20 nedan. Identifierade problem är aggregerade till:

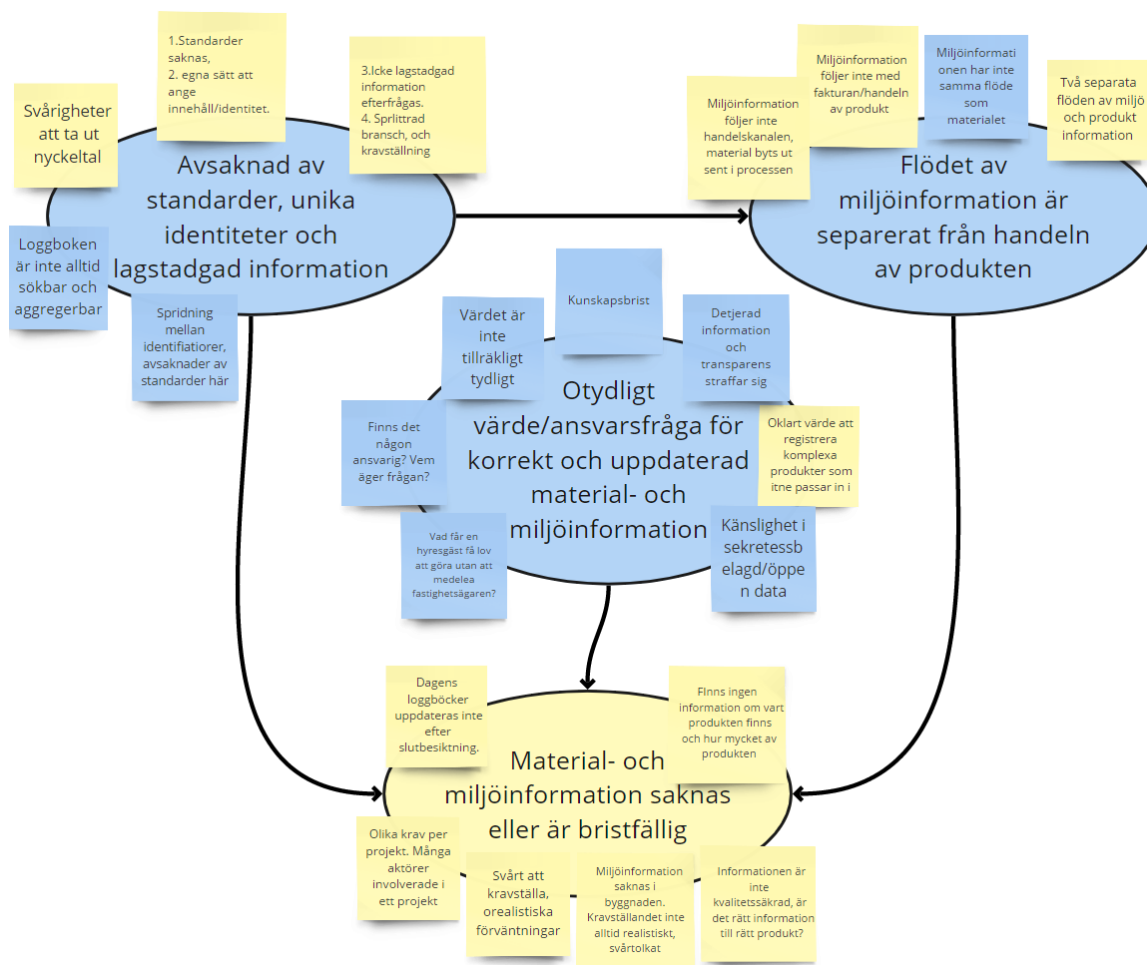
- ◆ Material- och miljöinformation saknas eller är bristfällig

Orsak till problem kan även aggregeras till:

- ◆ Avsaknad av standarder, unika identiteter och lagstadgad information
- ◆ Flödet av miljöinformation är separerat från handeln av produkten
- ◆ Otydligt värde för korrekt uppdaterad material- och miljöinformation

Två av orsakerna hänger ihop då avsaknaden av standarder etc. även kan anses påverka ett separerat flöde av miljöinformation.





Figur 20 Identifierade problem samt orsak till problemen identifierade under WS aggregerade.

Samtliga identifierade problem kan kopplas till att material- och miljöinformation saknas eller är bristfällig. De identifierade problemen är exempelvis; miljöinformation saknas i byggnaden, information är inte kvalitetssäkrad, osäkerhet i om rätt information till rätt produkt, information om vart produkten finns i byggnaden saknas samt vilken mängd av produkten, dagböcker uppdateras inte efter slutbesiktning.

Orsakerna till problemen är ganska jämt fördelade mellan de tre "huvudkategorierna" där orsaken otydligt värde/ansvarsfråga har några fler orsaker kopplade. Dessa orsaker är bland annat; kunskapsbrist, detaljerad information och transparens straffar sig, känslighet i sekretessbelagd/öppen data samt otydlighet i vem som äger frågan.

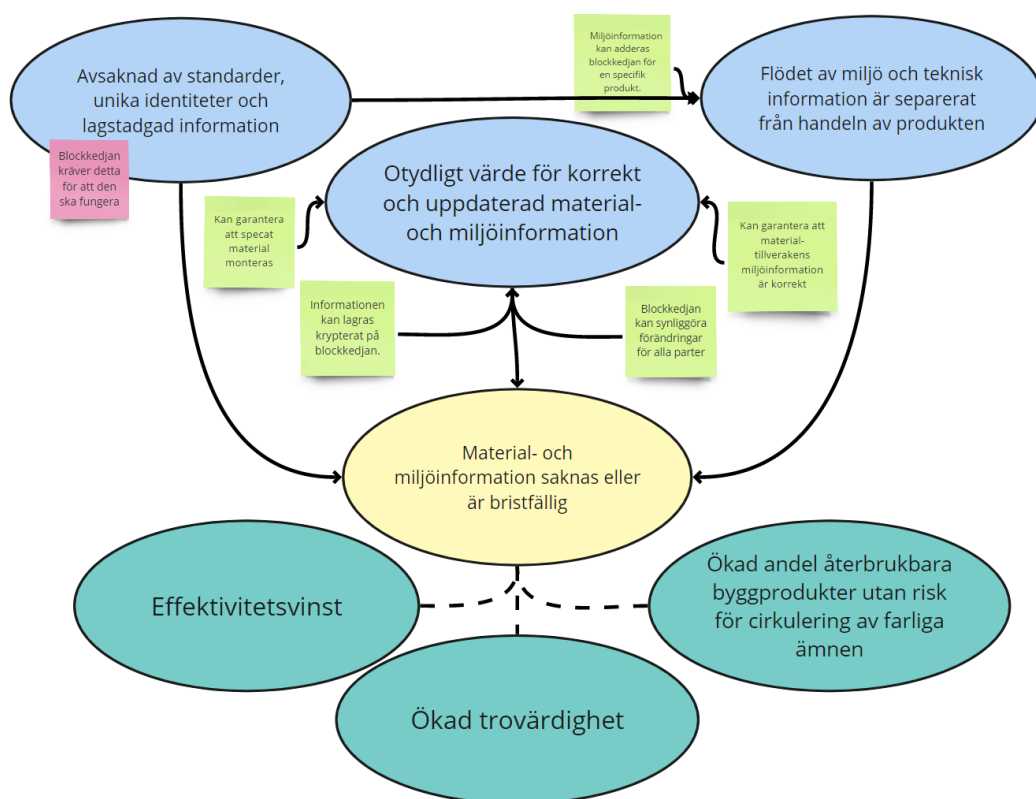
Avsaknad av standarder etc. har kopplade orsaker som bland annat; svårigheter att ta ut nyckeltal, loggböcker är inte alltid sök- och aggregerbara, egna sätt att ange innehåll/identitet samt spridning mellan identifikatorer och avsaknad av standarder.

Orsaken att flödet av miljöinformation är separerat från produkten har exempelvis följande orsaker specificerade; Miljöinformationen följer inte handelskanalen och material byts ut sent i processen samt två separata flöden av miljö- och produktinformation.

## Lösningar

Identifierade lösningar från WS:en som blockkedjan skulle kunna bidra med presenteras i Figur 21 nedan. Lösningarnas koppling till orsaker behövde inte aggregeras utan är tagna precis som de motiverades under WS:en:

- Otydligt värde för korrekt och uppdaterad material- och miljöinformation:
  - ◆ Kan garantera att specat material monteras.
  - ◆ Informationen kan lagras krypterat på blockkedjan.
  - ◆ Blockkedjan kan synliggöra förändringar för alla parter.
  - ◆ Kan garantera att materialtillverkarens miljöinformation är korrekt.
- Flödet av miljö och teknisk information är separerat från handeln av produkten.
  - ◆ Miljöinformation kan adderas blockkedjan för en specifik produkt.
- Avsaknader av standarder, unika identiteter och lagstadgad information.
  - ◆ Inget blockkedjan kan lösa, blockkedjan kräver detta för att den ska fungera.



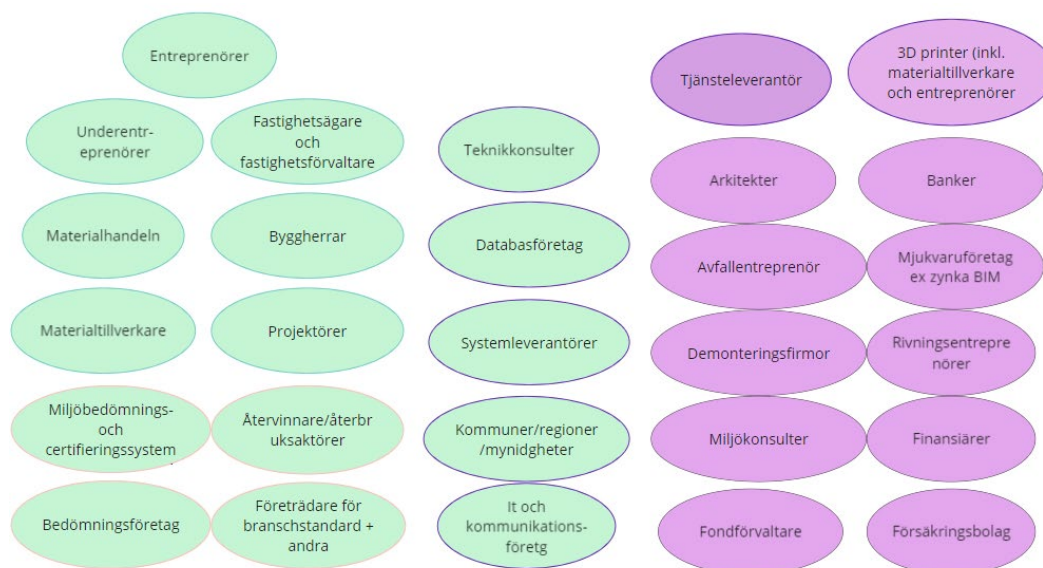
Figur 21 Sammanställning av värden, problem och orsak till problem där lösningar adderas genom post-it lappar i grönt. Röd post-it poängterar att blockkedjan inte kan lösa orsaken.

Lösningarna kopplas framförallt till orsaken om otydligt värde. Inga lösningar finns kopplade till avsaknaden av standarder etc. men identifieras som en avgörande post för att blockkedjan ska kunna fungera korrekt.

## WS2 identifiering av aktörer

WS2 gick ut på att identifierade aktörer matchas mot när i tidslinjen de bör inkluderas i ekosystemet tillsammans med det värde från WS1 som anses vara högst för den specifika aktören. Identifierade aktörer redovisas i Figur 22 där aktörer med ljusgrön bakgrund identifierades i Smart Built projektet "Digitala informationsflöden i byggprocessen" (Ahlm, et al., 2020) samt via omvärldsanalys. Aktörer med lila bakgrund är identifierade under WS:en.

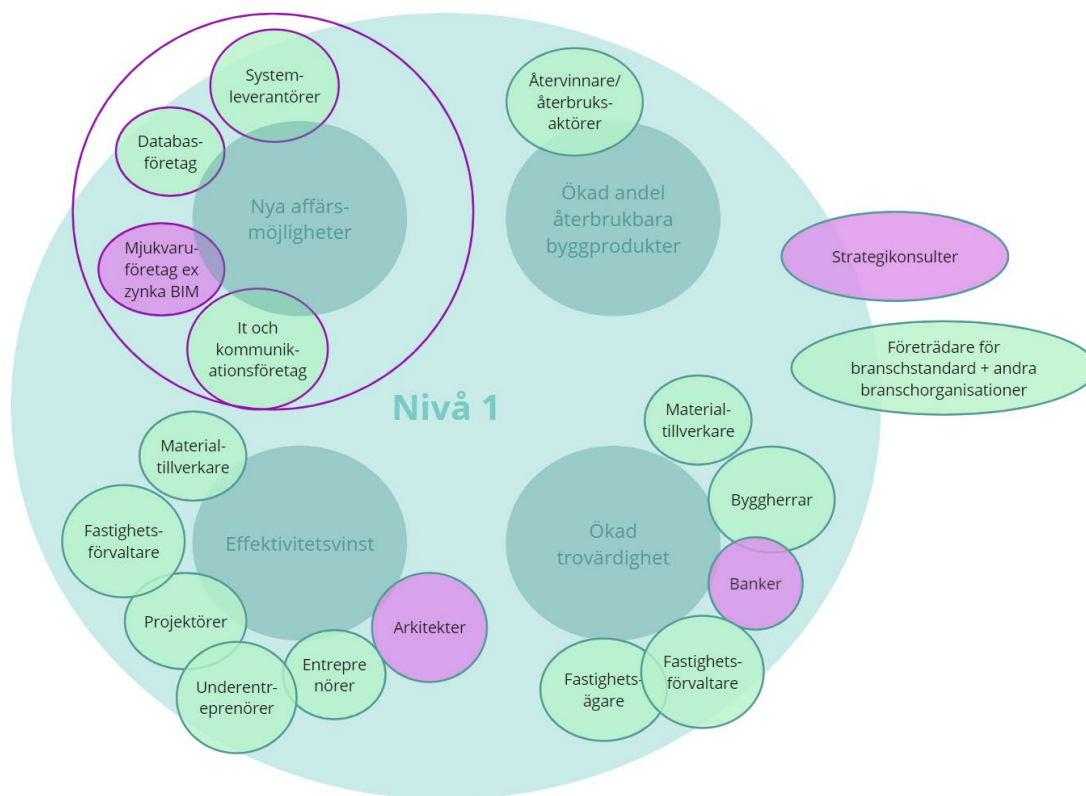
Tidslinjen är uppdelad i tre nivåer där den första avser aktörer som krävs för att upprätta ekosystemet och vilka skulle kunna bjudas in att delta i liten skala. Den andra nivån avser aktörer som kan adderas efter hand vilka kan bjudas in efter det att ekosystemets regler och standarder bestämts och testats. Den tredje nivån beskriver istället aktörer som inte har ett naturligt värde i ekosystemet men vilka kan adderas för att skapa innovativa värden. Deltagarna fick ca 15 minuter per nivå för att fördela aktörerna.



Figur 22 Identifierade aktörer från tidigare projekt (gröna) samt under själva WS:en ( lila)

### Aktörer som krävs för att upprätta nätverket

Resultatet för nivå 1 presenteras i Figur 23 nedan och innebär totalt 14 aktörer där 12 har ett kopplat värde från WS1 (två aktörer är även koppade till två värden). Denna nivå inkluderar även nyckelaktörer vilka behövs för att upprätta nätverket men vilka inte har något direkt värde av delning av data, dessa är inringade i lila nedan.



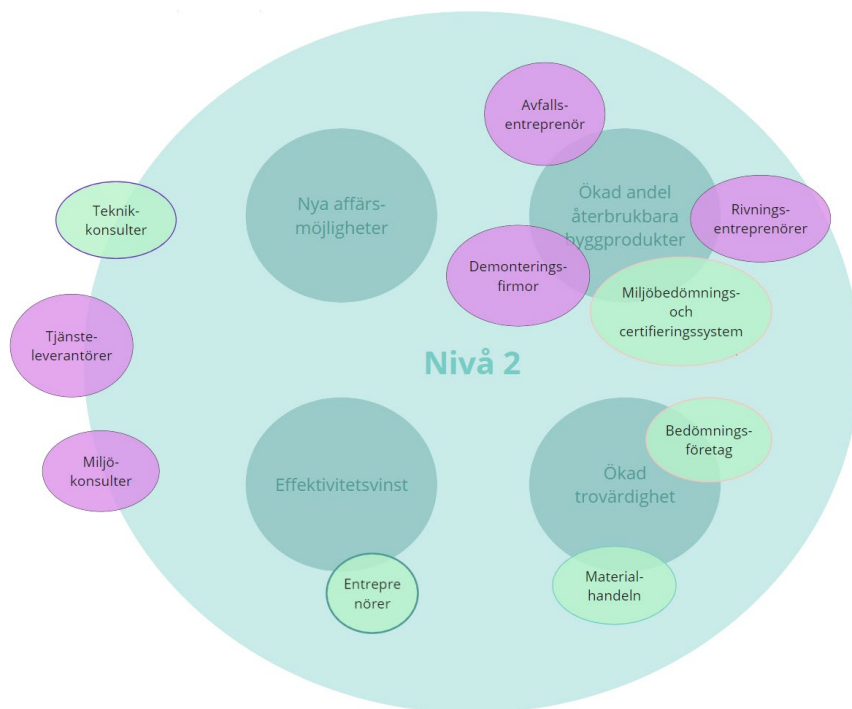
**Figur 23** Identifierade aktörer vilka krävs för att upprätta nätverket tillsammans med det högsta värdet för respektive aktör. Aktörer utan ett kopplat värde är tydligt placerade i utkanten av nivå 1-cirkeln. Identifierade nyckelaktörer är inringade i en stor lila cirkel.

Majoriteten av identifierade aktörer ansågs behövas vid upprättandet av nätverket. Det värdet som anses vara det högsta värdet för flest aktörer är effektivitetsvinst följt av ökad trovärdighet och nya affärsmöjligheter. Värdet ökad andel återbrukbara produkter ansågs vara det högsta värdet för en aktör och två aktörer kunde inte förknippas med något av dessa värden.

En majoritet av aktörer i nivå 1 är aktörer agerar framförallt uppströms en byggnads livscykel under upprättandet av en byggnad likt materialtillverkare, byggherrar, entreprenörer, projektörer och arkitekter. En mindre men betydande del är företag med mer it-teknisk bakgrund som systemleverantörer och databasföretag. Någon enstaka aktör är även från när fastigheten väl är på plats likt fastighetsförvaltare och fastighetsägare men även efter byggnadens livsläng likt återvinnare och återbruksaktörer.

#### **Aktörer som kan addera värde efter hand.**

Nivå 2 beskriver aktörer som har ett naturligt värde i ekosystemet men vilka inte nödvändigtvis krävs för att upprätta ekosystemet. Resultatet redovisas i Figur 24 och innebär totalt tio aktörer där sju har ett kopplat värde från WS2.



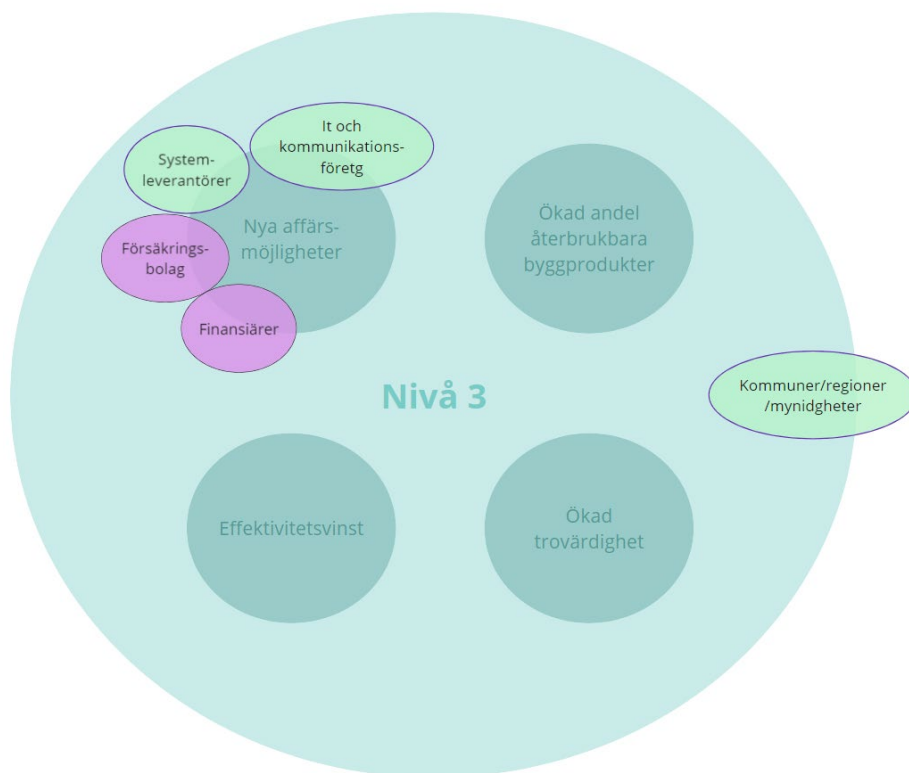
**Figur 24** Identifierade aktörer vilka kan adderas efter hand, tillsammans med det högsta värdet för respektive aktör. Aktörer utan ett kopplat värde är tydligt placerade i utkanten av nivå 2-cirkeln.

Det värde som anses högst för flest aktörer i nivå 2 är ökad andel återbrukbara byggprodukter följt av ökad trovärdighet. Ökad effektivitetsvinst har här endast en aktör och nya affärsmöjligheter utgör inte det högsta värdet för någon identifierad aktör. Tre aktörer är inte förknippade med något av dessa värden.

En betydande andel av de identifierade aktörerna förknippade med nivå 2 är företag nedströms en byggnads livscykel likt avfallsentreprenörer och demonteringsföretag. Några enstaka företag förekommer även från uppströms en byggnads livscykel som exempelvis entreprenörer. De tre aktörerna vilka inte är förknippade med något av de identifierade värdena är framförallt någon typ av konsult.

### **Aktörer för innovation**

Nivå 3 beskriver aktörer som inte har ett naturligt värde i ekosystemet men vilka kan adderas för att skapa innovativa värden. Resultatet redovisas i Figur 25 och innebär totalt fem aktörer där fyra har ett kopplat värde från WS2.



**Figur 25** Aktörer som kan adderas efter det att ekosystemet är upprättat och i rullning vilka kan bidra med innovativa värden, tillsammans med det högsta värdet för respektive aktör. Aktörer utan ett kopplat värde är tydligt placerade i utkanten av nivå 3-cirkeln.

Det högsta värdet för identifierade aktörer i nivå 3 är nya affärsmöjligheter förutom för en aktör vilken inte är kopplat till något av de identifierade värdena. Identifierade aktörer är här finansiärer och försäkringsbolag samt systemleverantörer och it och kommunikationsföretag. Även kommuner, regioner och myndigheter är kopplade till denna nivå.

### Fortsättning

Genomförda WS:ar har bidragit till att komma två steg närmare identifieringen av ingående aktörer i ett framtida ekosystem av digitalt spårbar miljöinformation. Eftersom WS:arna varit interna kan en framtida möjlighet vara att genomföra samma WS:ar med externa aktörer från marknaden.

Vidare kan ytterligare WS:ar hållas, interna eller externa, där varje aktör inom nivå 1 rangordnas utefter vikten av deras medverkande samt kopplas till specifika företag. Förutom respektive aktörs betydelse i nätverket kan sannolikheten av deltagande även diskuteras. Förevarande kan exempelvis göras genom att titta på vart hos respektive aktör det högsta värdet kan appliceras och på hur många olika delar av deras verksamhet. Det kan även innebära att koppling till andra identifierade värden undersöks. Resultatet från genomförda och framtida WS:ar kan sedan granskas av en referensgrupp för ytterligare synpunkter.

