CHALMERS

Från data till hållbarhet

Digitala tvillingar och återbruk i samspel

Examensarbete inom kandidatprogrammet Affärsutveckling och entreprenörskap inom samhällsbyggnadsteknik

PATRICIA DAVIN
JOSEPHINE HAAKE

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2025
www.chalmers.se

EXAMENSARBETE ACEX20

Från data till hållbarhet

Digitala tvillingar och återbruk i samspel

Examensarbete inom kandidatprogrammet

Affärsutveckling och entreprenörskap inom samhällsbyggnadsteknik

PATRICIA DAVIN
JOSEPHINE HAAKE

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för Construction Management & Engineering
Daniella Troje
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2025

Från data till hållbarhet

Digitala tvillingar och återbruk i samspel

Examensarbete inom kandidatprogrammet

Affärsutveckling och entreprenörskap inom samhällsbyggnadsteknik

PATRICIA DAVIN

JOSEPHINE HAAKE

© PATRICIA DAVIN & JOSEPHINE HAAKE, 2025

Examensarbete ACEX20
Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Chalmers tekniska högskola 2025

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för Construction Management & Engineering
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Telefon: 031-772 10 00

Omslag:
En AI-genererad bild som föreställer hur digitala tvillingar används vid en ombyggnation med återbrukat material.

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Göteborg 2025

Från data till hållbarhet

Digitala tvillingar och återbruk i samspel

Examensarbete inom kandidatprogrammet

Affärsutveckling och entreprenörskap inom samhällsbyggnadsteknik

PATRICIA DAVIN

JOSEPHINE HAAKE

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för Construction Management & Engineering
Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Denna studie undersöker hur digitala tvillingar, som är en kontinuerligt uppdaterad 3D-kopia av en byggnad, kan underlätta återbruk av material inom bygg- och fastighetsbranschen. Syftet är att utforska digitala tvillingars potential för informationshantering, spårbarhet och planering vid återbruk samt att identifiera tekniska, organisatoriska och ekonomiska hinder för implementering. Bygg- och fastighetsbranschen står inför stora hållbarhetsutmaningar, där återbruk är en viktig del av omställningen mot en mer cirkulär ekonomi.

Studiens metod bygger på en kvalitativ fallstudiestrategi med fokus på fastighetsbolaget Wallenstam samt intervjuer med annat fastighetsbolag och en leverantör av digitala tvillingar. Data samlades in genom semistrukturerade intervjuer och analyserades tematiskt. Studien avgränsades till ombyggnationsprojekt och lokalanpassningar i Sverige.

Resultatet från studien visar på en tydlig potential för digitala tvillingar att stödja återbruksarbete, särskilt genom bättre överblick över material och förbättrad logistik. Dock är kopplingen mellan digitala tvillingar och återbruk inte allmänt etablerad i branschen. Hinder för användning av digitala tvillingar inkluderar bristfällig dokumentation i äldre byggnader, höga kostnader för detaljerad digitalisering, avsaknad av standardiserade processer för återbruk samt behov av digital kompetens och attitydförändring. Även varierande marknadsefterfrågan och brist på ekonomiska incitament utgör hinder för en fullskalig implementering av verktygen i samspel.

Studien slutsats är att digitala tvillingar tekniskt sett kan möjliggöra effektivare återbruk, men att detta förhindras av befintliga organisatoriska, tekniska och marknadsmässiga utmaningar. Att realisera potentialen av digitala tvillingar kräver investeringar i pålitliga data, utveckling av processer, kompetenshöjning samt en ökad vilja och efterfrågan från alla aktörer. Studien kan därmed ge vägledning för företag som överväger att implementera digitala tvillingar för mer hållbara byggprocesser.

Nyckelord: Digital tvilling, Digitala verktyg, BIM, Återbruk, Cirkulär ekonomi, Hållbarhet, Hållbart byggande, Bygg- och fastighetsbranschen

From Data to Sustainability
The Synergy of Digital Twins and Reuse
Degree Project in the Engineering Programme
Business Development and Entrepreneurship

PATRICIA DAVIN

JOSEPHINE HAAKE

Department of Architecture and Civil Engineering
Division of Construction Management & Engineering
Chalmers University of Technology

ABSTRACT

This study examines how digital twins, a continuously maintained 3D replica of a building, can facilitate material reuse within the construction and real estate sector. The aim is to explore the potential of digital twins for information management, traceability and planning in reuse. To identify technical, organizational and economic barriers to implementation. The construction sector faces significant sustainability challenges, where reuse is a crucial part of the transition towards a circular economy.

The methodology is based on a qualitative case study strategy focusing on Wallenstam, supplemented by interviews with other real estate companies and a digital twin provider. Data was collected through semi-structured interviews and analyzed thematically. The study was limited to renovation projects and tenant improvements in Sweden.

The results indicate a clear potential for digital twins to support reuse, particularly through better material overview and improved logistics. However, the link between digital twins and reuse is not widely established in industry practice. Significant barriers include insufficient documentation in older buildings, high costs for detailed digitalization, lack of standardized processes for reuse and the need for digital competence and attitude change. Varying market demand and lack of economic incentives also pose barriers.

The study concludes that although digital twins can technically enable more efficient reuse, this is hindered by existing organizational, technical and market-related barriers. Realizing the potential requires investments in reliable data, development of processes, skill enhancement, as well as increased willingness and demand from all stakeholders. The study therefore offers guidance for companies considering implementing digital twins for more sustainable construction processes.

Key words: Digital twins, Digital tools, BIM, Reuse, Circular economy, Sustainability, Sustainable construction, Construction and real estate sector.

Innehåll

SAMMANFATTNING I

ABSTRACT III

INNEHÅLL V

FÖRORD VII

BEGREPPSLISTA IX

1 INLEDNING 1
1.1 Bakgrund 1
1.2 Syfte 1
1.3 Avgränsning 2

2 TEORETISK BAKGRUND 3
2.1 Cirkulär ekonomi och återbruk 3
2.2 Digitala verktyg 5
2.3 Återbruk och digitala verktyg 6

3 METOD 8
3.1 Undersökning och datainsamling 8
3.2 Dataanalys 10
3.3 Kvalitetssäkring och generaliserbarhet 10

4 RESULTAT 12
4.1 Återbruk i praktiken – hinder, drivkrafter och framtid 12
4.1.1 Byggnadsrelaterade och ekonomiska utmaningar 12
4.1.2 Spårbarhet och dokumentationens betydelse för återbruk 14
4.1.3 När återbruk möter marknad 15
4.2 Digitala verktygens roll – i nutid och framtid 18
4.2.1 Människan i den digitala omställningen 18
4.2.2 Ekonomisk nytta av implementering och utmaningar över tid 20
4.2.3 Den digitala framtiden i bygg- och fastighetsbranschen 21

5 DISKUSSION 23

6 SLUTSATS 27

7 REFERENSER 29

Förord

Detta examensarbete har skrivits under våren 2025 som det sista momentet av kandidatprogrammet Affärsutveckling och entreprenörskap inom samhällsbyggnadsteknik vid Chalmers tekniska högskola. Arbetet har omfattat 15 högskolepoäng.

Vi vill först och främst tacka alla respondenter som tagit sig tid att ställa upp på en intervju. Era intressanta insikter och kunskaper har varit otroligt värdefulla att ta del av, och är anledningen till att detta arbete har varit så givande att skriva. Vi vill även rikta ett stort tack till vårt fallföretag Wallenstam och våra kontaktpersoner Magnus Bellvik och Johan Lord. Att samarbeta med er och få bolla tankar och idéer under processens gång har varit otroligt intressant och har breddat vårt perspektiv. Vi vill även tacka våra opponenter Alice Hamilton och Oscar Alm för bra synpunkter och hjälp med korrekturläsning.

Sist men inte minst vill vi rikta ett extra stort tack till vår fantastiska handledare och examinator Daniella Troje. Din entusiasm, engagemang, kunskap och stöttning har varit ovärderlig under denna vår.

Tack till er alla – utan er hade arbetet inte varit detsamma!

Göteborg juni 2025
Patricia Davin & Josephine Haake

Begreppslista

Artificiell Intelligens (AI): Teknik som simulerar mänsklig intelligens, genom problemlösning, självlärande, förståelse och beslutsfattande, för datorer och maskiner.

Building Information Modeling (BIM): En digital representation av olika funktionella och fysiska egenskaper hos byggnader i en 2D eller 3D-modell.

Digital tvilling: En virtuell representation av något från den fysiska miljön som skapas genom simuleringsmodeller och realtidsdata från olika källor. I denna studie en interaktiv 3D-modell av byggnader, med olika funktioner.

Upcycling: En process där föremål/objekt genom kreativa lösningar ges ett nytt liv eller ny funktion. Det omvandlas till något bättre med högre värde.

1 Inledning

Detta kapitel syftar till att ge en överblick över studiens utgångspunkt och sammanhang. Inledningsvis presenteras bakgrunden till det som studien syftar att undersöka, följt av studiens syfte och frågeställning. Vidare redogörs för studiens avgränsningar. Tillsammans utgör dessa delar grunden för studiens relevans, fokus och genomförande.

1.1 Bakgrund

Bygg- och fastighetsbranschen står för en betydande del av världens resursanvändning och koldioxidutsläpp, vilket ökar branschens behov av nytänkande kring hållbarhet (Naturvårdsverket, 2023). Implementering av cirkulära metoder som återbruk är en viktig strategi för att möta dessa utmaningar, men det är fortfarande ett område med stora utmaningar (Boverket, 2023). Korrekt hantering av bygg- och rivningsavfall är avgörande för att uppnå hållbarhetsmål (Lee et al., 2024). Återbruk en komplex process som kräver ökad transparens och effektivare samordning mellan olika aktörer (Lee et al., 2024). Här kan digitala verktyg som digitala tvillingar spela en avgörande roll för informationsdelning och långsiktig planering. Användningen av digitala tvillingar effektiviserar inte bara informationshanteringen under bygg- och rivningsfasen, utan kan även användas för att minska koldioxidutsläpp under drift- och underhållsfasen (Lauria & Azzalin, 2024). Digitalisering och verktyg som byggnadsinformationsmodellering (BIM) och digitala tvillingar kan bidra till att standardisera metoder för att mäta och dokumentera avfall (Lee et al., 2024). Vidare kan drönare och visualiseringsverktyg stödja processen genom att identifiera återbrukbara material på ett effektivt sätt (Lins et al., 2024). Dock står implementeringen av digitala tvillingar i branschen inför tekniska och organisatoriska hinder såsom brist på standardiserade protokoll, kompetens och datasäkerhet (Arsecularatne et al., 2024).

Ekonomiska faktorer påverkar viljan och möjligheten för att återbruka. Till exempel diskuterar forskning hur prisskillnader mellan återbrukat och nytt material kan påverkas av transportkostnader och utbud (Olumo & Haas, 2024). Policys och ekonomiska incitament kan därför vara avgörande för att främja återbruk (Berglund-Brown et al, 2024). Trots olika hinder som finns för att återbruka finns det ett tydligt intresse för cirkulära metoder bland aktörer i branschen. En enkätstudie visar att aktörer är beredda att acceptera högre initiala kostnader om det leder till minskat koldioxidutsläpp och mer hållbara lösningar (Berglund-Brown et al, 2024).

1.2 Syfte

Syftet med denna studie är att undersöka hur digitala tvillingar kan användas för att underlätta återbruksarbete inom bygg- och fastighetsbranschen. Fokus ligger på att utforska fördelarna, som bättre planering och spårbarhet, men också att analysera vilka hinder som finns, som exempelvis tekniska och organisatoriska svårigheter eller

höga kostnader. Genom en kartläggning av dessa faktorer kan studien ligga som grund för beslut om implementering för ett bygg- eller fastighetsbolag. Frågeställningen är därmed “Hur kan digitala verktyg, såsom digital tvilling, stödja en bredare användning av återbruk?”.

I denna fallstudie är fastighetsbolaget Wallenstam, mer specifikt avdelningen i Göteborg, det huvudsakliga analysobjektet. Frågeställningen har formulerats i dialog med Wallenstam då bolaget i dagsläget inte använder digitala tvillingar, men har börjat överväga en framtida implementering. Störst fokus är på Wallenstams projektavdelning och deras arbetssätt vid ombyggnationsprojekt.

1.3 Avgränsning

Fallstudien avgränsas till att undersöka hur digitala tvillingar kan underlätta återbruksarbete inom bygg- och fastighetsbranschen med Wallenstam som huvudsakligt analysobjekt. Intervjuer har genomförts med anställda inom två olika fastighetsbolag samt ett företag som är leverantör för digitala tvillingar, vilket innebär att resultatet speglar specifika organisationers arbetssätt, förutsättningar och perspektiv. Geografisk avgränsning i studien sker till bygg- och fastighetsbranschen inom Sverige, där fokus är på fastighetsbolag, ombyggnationsprojekt och lokalanpassningar**.**

Vidare begränsas analysen till de tekniska, organisatoriska och ekonomiska faktorer som påverkar användningen och integrationen av digitala verktyg och/eller återbruk. Studien behandlar inte detaljerad teknisk utveckling av digitala tvillingar, utan fokuserar mer på dess eventuella värdeskapande. Studien utgår från aktuella förhållanden i bygg- och fastighetsbranschen med vissa diskussioner om framtidsperspektiv, men har inte fokus på en historisk genomgång av återbruk eller digitalisering.

2 Teoretisk bakgrund

När det digitala 3D-verktyget Building Information Modeling (BIM) var nytt i bygg- och fastighetsbranschen var förväntningarna höga kring hur snabbt det skulle implementeras i branschen (Disney et al., 2023). Det visade sig dock att förändringen till det digitala och användningen av till exempel BIM tog längre tid än väntat. Liknande gäller för det nyare digitala verktyget digital tvilling, speciellt kopplat till cirkulär ekonomi och återbruk. Trots att digitala tvillingar har utvecklats snabbt inom områden som drift och underhåll, har deras tillämpning i samband med cirkulär ekonomi och återbruk uppmärksammats först på senare år (Arsecularatne et al., 2024). År 2018 kom den första publikationen som skriver om digital tvilling i samband med cirkulär ekonomi (Isaksson, Hallstedt & Rönnbäck, 2018). I takt med ökade krav på hållbarhet och minskad klimatpåverkan har intresset vuxit för hur dessa verktyg kan bidra till cirkulär ekonomi (Arsecularatne et al., 2024). Denna utveckling öppnar upp för en rad nya frågeställningar kring hur digitala tvillingar kan implementeras i bygg- och fastighetsbranschen för att stödja cirkulär ekonomi och hur de kan fungera som en länk mellan digitalisering och mer hållbara arbetssätt.

För att belysa potentialen hos digitala tvillingar inom återbruk följer en genomgång av relevant forskning som ger en övergripande bild av både möjligheter och utmaningar med återbruk och digitala verktyg, såväl var för sig som i kombination.

2.1 Cirkulär ekonomi och återbruk

Bygg- och fastighetsbranschen står för upp till 40 procent av Sveriges miljöpåverkan och 39 procent av allt Sveriges avfall (Boverket, 2024a; Sveriges Miljömål, u.å.). Dessutom ökar mängden bygg- och rivningsavfall fortsatt (Iyiola et al., 2024). Behovet är därför stort av cirkulär ekonomi och ökat miljöfokus i branschen för att Sveriges hållbarhetsmål ska kunna uppnås (Boverket, 2024a). För att denna påverkan ska kunna minskas krävs att mängden avfall minskar och att mindre mängd nytt material tillverkas (Tirado et al., 2022). En byggnads klimatpåverkan ur ett livscykelperspektiv beror till stor del på mängden nya byggprodukter (Boverket, 2024b).

Cirkulär ekonomi är ett ekonomiskt system som innebär att resurser används så länge som möjligt, för att sedan återanvändas eller återvinnas och hindra att resurser blir avfall (Naturvårdsverket, 2024). Detta minskar miljöpåverkan genom att resurstillverkningen minskar. För att cirkulär ekonomi ska kunna realiseras innefattas det av miljömässiga, ekonomiska och sociala mål. Återbruk av byggnadsdelar eller sammansatta byggprodukter kan enligt Boverket (2024c) beskrivas som återanvändning av material. Återbruk kan även inkludera stegen innan återanvändningen sker, till exempel där byggmaterial som ansetts vara avfall genomgår så kallad “upcycling” och kan användas ändamålsenligt igen, motsvarande som när produkten var ny (Boverket, 2024c; Sung, 2023). Återbruk är därmed en viktig del i att uppnå cirkulär resursanvändning (Naturvårdsverket, 2024.

Fler och fler aktörer i bygg- och fastighetsbranschen har fått upp ögonen för återbruk av byggmaterial (Boverket, 2024c). Det är vanligare att arbeta med återbrukat material vid ombyggnationsprojekt än vid nybyggnationsprojekt. Några av de material som ofta återbrukas i byggprojekt är stomkompletterande byggnadsdelar, fönsterpartier, dörrar och undertaksplattor (Boverket, 2024d). Däremot är återbruk ännu inte ett vedertaget arbetssätt i branschen idag (Boverket, 2024c). En livscykelanalys som den Europeiska Miljöbyrån gjort visar på att en omställning i byggbranschen till en mer cirkulär ekonomi kan leda till en minskning av branschens klimatpåverkan med 61-procent (European Environment Agency, 2020). Detta kan göras möjligt om byggbranschen fokuserar på "ändrad produktdesign, ändrade produktionsprocesser, minskade avfallsmängder och optimerad användning av ytor i byggnader" (Boverket, 2024b).

Att återbruka i ett byggprojekt innebär inte per automatik en lägre klimatpåverkan (Boverket, 2024b). Processerna innan materialet eller produkten är redo att återinstalleras i en byggnad kan vara flera beroende på olika faktorer som exempelvis skick**.** De kan behöva genomgå "demontering med arbetsmaskiner, transport, lagerhållning och eventuell rekonditionering"**,** vilka genererar utsläpp och ytterligare resursanvändning (Boverket, 2024b). Den sammanlagda miljöpåverkan av att återbruka material behöver därför inte nödvändigtvis innebära en minskning jämfört med om nytt material hade satts in och det gamla hade återvunnits. Detta innebär att nyttan av återbruk av olika delar vid byggprojekt behöver avgöras från fall till fall.

Det finns däremot studier som tyder på att återbruk, inklusive alla processer som transport och rekonditionering, innebär en klimatbesparing. I en svensk pilotstudie som genomfördes av Al-Najjar & Malmqvist (2025) jämfördes klimatpåverkan vid uppförandet av två olika byggnader, där en byggdes med återbrukade betongelement och den andra med nya element med material som hade låg kolhalt. En av slutsatserna i studien var att de återbrukade betongelementen innebar fyra gånger större klimatbesparing än vid återvinning och köp av nytt. Efter analyser kunde de även se indikationer på att återbrukade element inte nödvändigtvis genererar mer utsläpp om de behöver transporteras längre sträckor (Al-Najjar & Malmqvist, 2025). Transporten av återbrukat material kunde uppgå till 400 km enkel väg, innan utsläppen motsvarade samma klimatpåverkan som från nya betongelement. Liknande studie för stålprofiler har utförts av DEKRA, Sweco och Tibnor (Sweco Sverige AB, 2023)**.** Elementen genomgick först kvalitetskontroller, transporter och till sist montering. Resultatet på detta pilotprojekt var att klimatpåverkan minskade med 97 procent jämfört med nytt stål, och kostnaden för samtliga processer för att möjliggöra återbruket blev fortfarande lägre än kostnaderna för inköp av nytt material.

2.2 Digitala verktyg

Digitala verktyg finns i många olika varianter och har många olika användningsområden. Ett exempel på digitala verktyg är digital tvilling. Digital tvilling är ett begrepp som myntades år 2011 för att beskriva kopplingen mellan det som existerar i den fysiska miljön med det som skapas i en virtuell miljö (Lauria & Azzalin, 2024). Dessa två samspelar för att dela data, vilket skapar en virtuell representation av en, i det här sammanhanget fysisk byggnad som i realtid kan uppdateras via sensorer och andra verktyg (Lauria & Azzalin, 2024). Detta innebär att den kan analysera, simulera och förutsäga olika aspekter av byggnadens prestanda. Exempelvis kan en digital tvilling övervaka parametrar såsom inomhusluftkvalitet, temperatur och energiförbrukning, vilket möjliggör optimering av byggnadens drift (Arsecularatne et al., 2024). I bygg- och fastighetsbranschen används digitala tvillingar för att ha all relevant data samlad i en digital 3D-kopia av en byggnad där realtids-sensorer, ritningar och modeller samspelar (Meng et al., 2023). En digital tvilling uppdateras under hela byggnadens livscykel och innehåller därmed all relevant information som rör objektet.

Vidare är BIM ett annat digitalt verktyg som skapar och hanterar digitala representationer av byggnaders fysiska och funktionella egenskaper (Arsecularatne et al., 2024). BIM fungerar som en centraliserad databas som innehåller statisk information om en byggnad vilken kan användas genom hela byggnadens livscykel, från planering till rivning (Rashidi et al., 2024). BIM kan därmed ses som en grundläggande informationskälla vid skapandet av en digital tvilling, då den tillhandahåller en strukturerad och detaljerad beskrivning av byggnaden (Arsecularatne et al., 2024).

Implementeringen av digitala tvillingar i bygg- och fastighetsbranschen innebär en omfattande förändring i hur data samlas in, analyseras och används genom hela byggnadens livscykel (Arsecularatne et al., 2024). Genom att skapa en digital kopia av den fysiska miljön kan byggprojekt effektiviseras genom förbättrad planering, övervakning och underhåll. Trots de tydliga fördelarna är vägen till fullständig integration komplex och kräver anpassning av både teknik och arbetsprocesser (Disney et al., 2023).

För att digitala tvillingar ska kunna användas framgångsrikt behöver flera faktorer beaktas, såsom tekniska förutsättningar, ekonomiska investeringar och organisatoriska förändringar (Arsecularatne et al., 2024). Utmaningar som brist på standardisering, datasäkerhet och behovet av att anpassa befintliga system kan försvåra implementeringsprocessen. Samtidigt kräver en lyckad integration att företag utvecklar nya arbetssätt och en digital mognad.

Det är inte alltid oproblematiskt att implementera en digital tvilling med hänsyn till den tekniska data och information som finns tillgänglig. Digitala tvillingar behöver matas med korrekt och uppdaterad data från den fysiska byggnaden för att vara

relevant, och detta måste både göras korrekt vid implementering och uppdateras kontinuerligt under den fysiska byggnadens livstid (Arsecularatne et al., 2024). Om inte tillräckligt bra kvalitet finns på datan som den digitala tvillingen använder brister användbarheten hos den digitala tvillingen (Iyiola et al., 2024).

Datahanteringen måste även vara standardiserad inom organisationen för att data som rör byggnader ska vara lätthanterlig, lättillgänglig och överförbar mellan systemen (Iyiola et al., 2024). Interoperabilitet mellan programvaran för digital tvilling och de system som redan används är viktigt för att den digitala tvillingen ska kunna skapa mervärde för användaren (Iyiola et al., 2024). Om de olika systemen som används inte är sammanlänkade korrekt, kan det leda till att beslut tas på felaktig grund om systemen motsäger varandra. När systemen istället samverkar effektivt kan de tillsammans bidra till en mer heltäckande och tillförlitlig informationsbas. Digitala verktyg kan göra det möjligt att dela materialinformation mellan olika plattformar och aktörer i byggprocessen, vilket är en nyckelfaktor för att möjliggöra återbruk (Kuzminykh et al., 2024).

För att kunna implementera digitala tvillingar i verksamheten krävs investeringar både i form av tid och pengar. Rätt verktyg krävs för att samla och ta fram tillräcklig information om byggnaden för att kunna skapa en korrekt avbild (Arsecularatne et al., 2024). Fortsättningsvis behöver organisationen ha ett kompatibelt datasystem och anställda som utbildats i hur dataprogrammet som rör den digitala tvillingen fungerar. Dessutom kan det vara en period då både tidigare och nya system används och överlappar varandra för en smidigare övergång, vilket orsakar merarbete och fler kostnader (Liu et al., 2024). Om inte dessa investeringar görs finns inte rätt förutsättningar för en lyckad implementering av den digitala tvillingen. Dessa investeringar är inte bara nödvändiga under implementeringsfasen, utan även under underhållsfasen (Arsecularatne et al., 2024). Storleken på investeringen och förändringen som krävs vid implementering av digital tvilling skiljer sig dock åt beroende på digitaliseringsnivån och storleken på organisationen som ska införa det nya systemet (Mügge et al., 2024).

2.3 Återbruk och digitala verktyg

Forskning inom digitala verktyg och cirkulär ekonomi i bygg- och fastighetsbranschen visar att BIM är det mest använda digitala verktyget (Meng et al., 2023). BIM möjliggör förbättrad spårning av materialförändringar och en effektivare optimering av materialflöden. BIM har därmed en central roll i att underlätta informationsdelningen rörande material under byggprojekt, särskilt i samband med rivning och ombyggnationer. BIM underlättar insamling, lagring och delning av detaljerad information om byggnadsmaterial genom hela byggnadens livscykel, vilket är avgörande för att underlätta återanvändning och minska bygg- och rivningsavfall (Kuzminykh et al., 2024). Digitala tvillingar har stora fördelar i och med möjligheten att registrera information i realtid med hjälp av sensornätverk (Meng et al., 2023). Digitala verktyg har därför möjligheten att öka förutsättningarna för smidigare arbete

med återbruk. Digitala verktyg, såsom BIM och digitala tvillingar, kan därmed bidra till att standardisera metoder för att mäta och dokumentera avfall (Lee et al., 2024). Vidare kan drönare och visualiseringsverktyg stödja processen genom att identifiera återbrukbara material på ett effektivt sätt (Lins et al., 2024).

Digitala verktyg kan minska ett flertal barriärer för cirkulär ekonomi som skapar problematik i återbruksprojekt, där tekniska barriärer är en av dem (Meng et al., 2023). När de återbrukade materialen inte är enligt standard för nytt material och är av olika kvalitet och ålder kan det skapa osäkerheter, då det blir svårt att avtala om exakt skick i avtalen (Tirado et al., 2022). Det finns flera olika metoder som kan användas för att ha bättre översikt över material som används och dess ursprung, där 3D-skanning är ett alternativ (Olumo & Haas, 2024). 3D-skanning kan användas för att skapa noggranna digitala representationer av befintliga byggnader, vilket är viktigt för att identifiera material som kan återanvändas. Utöver digitala verktyg används även olika testmetoder för att undersöka byggmaterial utan att skada byggnaden och dess bärande delar (Olumo & Haas, 2024). Icke-destruktiva metoder används för att möjliggöra ytliga analyser, som till exempel med ultraljud. Andra testmetoder kan innebära provtagning för att bedöma materialegenskaper. Dessa olika metoder kan tillsammans med digitala verktyg, som digital tvilling, bidra till att skapa en bättre grund med information över materialen i de fall då den befintliga dokumentationen är otillräcklig.

Digitala verktyg kan bidra till cirkulär ekonomi genom att förmedla information under hela materialets livscykel (Mügge et al., 2024). Vid slutet av livscykeln, vid ombyggnation eller demontering, underlättar en digital tvilling för att kunna ta grundade beslut kring återbruksarbete i och med den detaljerade informationen om materialet. Om den digitala tvillingen innehåller helt korrekt och detaljerad information som går att lita på hade manuella undersökningar och inventeringar på plats mer eller mindre inte varit nödvändiga för att ta beslut om återbruk (Mügge et al., 2024).

3 Metod

I metodkapitlet redogörs för studiens val av tillvägagångssätt. Först presenteras den valda undersökningsmetoden samt hur datainsamlingen genomförts. Därefter beskrivs processen för hur data analyserats, följt av en diskussion om studiens trovärdighet och kvalitetssäkring. Syftet är att ge en transparent bild av studiens genomförande, samt vilka metodval och bakomliggande resonemang som har legat till grund för arbetet.

3.1 Undersökning och datainsamling

Studien bygger på en fallstudiestrategi för att på bästa sätt utforska nyttan av digitala tvillingar i återbrukssyfte (Denscombe, 2018). Fallstudien har Wallenstam som fallföretag, med semi-strukturerade intervjuer som huvudsaklig datainsamlingsmetod. Wallenstam är ett börsnoterat fastighetsbolag som grundades 1944 i Göteborg och har idag cirka 250 anställda (Wallenstam, u.å.). Verksamheten bedrivs idag främst i Göteborg och Stockholm där de kombinerar nyproduktion, ombyggnation och förvaltning av befintliga fastigheter. De har en tydlig inriktning på stadsutveckling med ett stort engagemang för miljö- och trygghetsfrågor. Hållbarhetsarbetet synliggörs bland annat genom investeringar i vindkraft, användning av hållbara byggmetoder och klimatmål i linje med Parisavtalet. Bolaget är idag en av de större aktörerna i Göteborg inom kommersiell förvaltning och bland de största privata bostadsbolagen i hela Sverige, med omkring 12 300 bostadskunder och 1 000 kommersiella hyresgäster. Fortsättningsvis har regelbundna möten genomförts på deras kontor under hela arbetets gång, där även tillgång till dokumentation fåtts i form av presentationsmaterial från fallföretaget.

Ansatsen för denna studie bygger på kvalitativ forskning som syftar till att fördjupa förståelsen för återbruksarbete i praktiken samt användarupplevelser och utmaningar i implementeringsprocessen av digital tvilling (Denscombe, 2018). Den kvalitativa studien grundar sig därför i intervjuer. Denna typ av datainsamling ger en bra inblick i hur återbruksarbete och digitala tvillingar tillämpas och uppfattas inom bygg- och fastighetsbranschen.

Genom subjektivt urval har övriga analysobjekt i form av specifika företag valts ut för att kunna stå i relation till huvudanalysobjektet Wallenstam (Denscombe, 2018). Dessa relationer är i form av konkurrent av motsvarande storlek som implementerat digital tvilling samt potentiell leverantör av digital tvilling. Inom dessa specifika företag, både Wallenstam och övriga analysobjekt, har roller med högst relevans och kunskap för frågeställningen valts (Denscombe, 2018). Detta har innefattat roller med specifik kunskap inom digitala tvillingar och/eller återbruk, men även andra roller som påverkas av en eventuell implementering av digital tvilling. Kvalitativ datainsamling från olika perspektiv har därför möjliggjorts, och har därmed stärkt validiteten (Denscombe, 2018). I sin tur har de specifika intervjupersonerna som besitter dessa roller valts ut beroende på vilka som var tillgängliga och var villiga att ställa upp på intervju. Bekvämlighetsurval har därför tillämpats. Denna strategi

möjliggör att flera organisationers arbetssätt och prioriteringar lyfts fram och kan jämföras med varandra.

Intervjuer har genomförts i form av semistrukturerade intervjuer för att ge utrymme till följdfrågor samt fördjupning för respondenterna (Denscombe, 2018). Centrala teman i intervjuerna var återbruk i praktiken, organisationens förutsättningar och arbetssätt, digitala verktyg och system samt framtidssyn och utveckling. Syftet med intervjuerna med fallföretaget var att ge insikter i hur återbruk används och uppfattas i praktiken idag, vilka utmaningar som uppstår vid återbruksarbete, vilka digitala verktyg de använder sig av och hur dessa fungerar i praktiken. Vidare genomfördes intervjuer med anställda på övriga analysobjekt för att få värdefull information om användning av digitala tvillingar, återbruksarbete samt om dessa två kombineras. Valet att intervjua en som arbetar på ett företag som levererar tjänsten digital tvilling grundades i att få en fördjupad förståelse för programvarans funktioner, implementering och potential.

Intervjupersoner		
Beteckning	**Roll**	**Företag**
Avdelningschef ombyggnadsprojekt 1	Avdelningschef ombyggnadsprojekt	Wallenstam
Projektledare 1	Projektledare ombyggnationsprojekt	Wallenstam
Projektledare 2	Projektledare ombyggnationsprojekt	Wallenstam
Gruppchef uthyrning 1	Gruppchef uthyrning	Wallenstam
Projektledare och hållbarhetsansvarig 1	Projektledare och hållbarhetsansvarig	Wallenstam
Förvaltare 1	Förvaltare	Wallenstam
Projektchef 1	Projektchef lokalanpassningar	Fastighetsbolag 2
Teknikansvarig 1	Teknikansvarig	Fastighetsbolag 2
Fastighetsutvecklare 1	Fastighetsutvecklare	Fastighetsbolag 2
Customer Success Manager 1	Customer Success Manager - BIM Specialist	Leverantör av digitala tvillingar

Tabell 1. Tabell över intervjupersonerna och tillhörande information om roll och företag.

3.2 Dataanalys

Intervjuerna spelades in med samtycke från respondenterna och transkriberades sedan med hjälp av Chalmers AI-transkriberingsprogram. I efterhand har filerna vid avlyssning korrigerats för att säkerställa korrekt transkribering av citat. Den dataanalysmetod som har använts är tematisk analys (Braun & Clarke, 2006). Denna analysmetod valdes för att kunna ta fram teman som fångar essensen av den kvalitativa data som samlats in och är relevant till frågeställningen som utreds. De teman som tagits fram har både baserats på om de har förekommit frekvent och diskuteras ingående i intervjuerna, men även om det har framkommit svar från olika intervjupersoner som belyst olika sätt att se på liknande situationer. Tolkningar och slutsatser som har gjorts utifrån datan, och vilka av flera möjliga teman som har ansetts vara mest relevanta, är därför subjektivt gjorda utifrån vårt perspektiv som författare.

Dataanalysen inleddes direkt vid avlyssning och bearbetning av de inspelade intervjuerna. I detta skede började vi identifiera återkommande mönster samt likheter och skillnader i svaren mellan respondenterna. I detta steg kategoriserade vi svaren efter teman för att successivt få en struktur över innehållet. Efter att ett utkast på resultatet från intervjuerna tagits fram, framkom de två tydliga teman "Återbruk" och "Digitala verktyg". Med dessa som utgångspunkt återvände vi till insamlad data flera gånger för att fördjupa vår förståelse och identifiera olika kopplingar och mönster inom varje tema. Detta innebar att vi inte bara bekräftade tidigare observationer, utan också upptäckte motsägelsefulla perspektiv och varierade erfarenheter.

Analysen fortsatte genom kontinuerlig återkoppling till intervjuerna och den tidigare forskningen, både för att validera våra tolkningar och säkerställa att de teman som växte fram var relevanta för studiens syfte. Vissa subteman blev självklara tidigt, medan andra växte fram och omformulerades ett flertal gånger under analysens gång. I det slutliga resultatet konkretiserades datan i två huvudteman:

1. Återbruk i praktiken – hinder, drivkrafter och framtid
2. Digitala verktygens roll - i nutid och framtid

Dessa teman utgör grunden för resultatet och slutsatsen i denna studie och förmedlar gemensamma nämnare och olikheter i respondenternas erfarenheter och uppfattningar.

3.3 Kvalitetssäkring och generaliserbarhet

För att säkerställa validiteten i studien har citat och parafraseringar kontrollerats ett flertal gånger för att dessa ska återges korrekt. Dessutom har intervjupersonerna fått möjlighet att läsa igenom det som återberättas i texten från deras intervjuer i syfte att undvika feltolkningar. Denna respondentvalidering bidrar till ökad validitet genom att säkra att tolkningarna som gjorts i studien överensstämmer med deras avsikter och inte tagits ur sin kontext. Vidare omfattar studien intervjuer från tre olika

organisationer vilket breddar perspektiven. Studien och analysen har genomförts av två olika forskare, vilket minskar risken för subjektiva tolkningar och ökar tillförlitligheten. Fortsatt har hela arbetet följts av två handledare från fallföretaget Wallenstam och en tilldelad handledare från Chalmers tekniska högskola Construction Management & Engineering**.** Kombinationen av flera datakällor, forskare och handledare stärker validiteten och trovärdigheten i studiens resultat.

Syftet med studien har aldrig varit att uppnå ett generaliserbart resultat, detta då fokus har legat på att skapa en djupgående förståelse snarare än att täcka en bred representation. Detta innebär att studien inte är generaliserbar på alla företag i bygg- och fastighetsbranschen då en fallstudie presenterar en slutsats som endast kan tillämpas på enstaka specifika fall (Denscombe, 2018). Däremot är det hög överförbarhet för företag som är i liknande situation och utvecklingsstadie gällande digital tvilling och återbruksarbete som fallföretaget. I dessa fall kan resultaten agera som vägledning.

I och med att resultatet presenteras med rikligt med information, kontext och ingående detaljer bidrar det till studiens trovärdighet. Det skapar transparens för läsaren genom att ge insyn i hur analysen genomförts och hur slutsatser dragits vilket stärker validiteten. Transparens kring teman för intervjufrågor är också avgörande för att öka studiens trovärdighet (Denscombe, 2018). På samma sätt är en tydlig motivering till relevans av urvalet av intervjupersoner viktig för att säkerställa studiens validitet, eftersom deras erfarenheter och roller är direkt kopplade till studiens syfte. Denna transparens och noggrannhet gör resultaten överförbara då de ger tillräcklig information för att andra aktörer ska kunna avgöra om resultaten är tillämpliga i deras egna sammanhang.

Artificiell Intelligens, mer specifikt OpenAI, har använts som ett stödverktyg i arbetet som en hjälp för att hitta synonymer, förbättra meningsbyggnad och språkliga formuleringar. AI har även använts för skapande av omslagsbilden. AI är en teknologi med människoliknande drag som kan till sig information, resonera och besvara frågor (Europaparlamentet, 2020). AI har inte använts för att analysera data eller dra slutsatser, utan enbart för att höja textens kvalitet och läsbarhet.

4 Resultat

I detta kapitel presenteras resultatet i studien från den kvalitativa forskning som genomförts genom intervjuer. För att ge en tydlig och överskådlig redovisning har resultatet delats in i två huvudsakliga teman, *Återbruk i praktiken – hinder, drivkrafter och framtid* samt *Digitala verktygens roll, i nutid och framtid*. Indelningen speglar hur empirin tydligt delades upp under dataanalysen, där det framgick att kopplingen mellan återbruk och digitala verktyg fortfarande är svag i praktiken. De två temana presenteras var för sig, med stöd i citat och sammanfattningar från intervjuerna. Fokus ligger på att lyfta fram centrala insikter och mönster som kan kopplas till studiens syfte och frågeställning.

4.1 Återbruk i praktiken – hinder, drivkrafter och framtid

Vid ett ombyggnationsprojekt med fokus på återbruk som Wallenstam genomförde visade miljökalkyler att utsläppen motsvarade cirka en tredjedel mot vid en vanlig ombyggnation, vilket visas under en intervju. Denna stora minskning kommer i första hand från att försöka bevara så mycket som möjligt av den befintliga planlösningen och materialen. Återbruk är något som fortfarande är i sin linda i bygg- och fastighetsbranschen, men som enligt intervjupersonerna har mycket potential. Olika utmaningar som finns idag relaterat till återbruk, tankar kring återbrukets potential och vilka drivkrafter som gör att potentialen kan realiseras är därför något som diskuteras i följande avsnitt.

4.1.1 Byggnadsrelaterade och ekonomiska utmaningar

Utmaningar kopplat till återbruk i byggprojekt samt de drivkrafter som kan tänkas behövas för att det ska bli mer standard i branschen diskuterades mycket av intervjupersonerna. Det framkommer att äldre byggmaterial inte alltid uppfyller dagens tekniska krav, vilket innebär ytterligare kostnader om materialen behöver modifieras eller testas för att kunna återanvändas. De tar upp ljudkrav och tillgänglighetskrav som är svårt att uppfylla med äldre dörrar och glaspartier men även toaletter med för små mått. De påpekar också att dörrar kan ha målats om flera gånger och att det då är svårt att veta vilken ljud- och brandklass de har vilket leder till mycket gissande. Det handlar inte bara om materialets funktion utan också om utmaningar kopplat till garantier där det kan vara svårt att garantera funktionen hos ett återbrukat material, vilket kan försvåra upphandlingen och ansvarsfördelningen i ett projekt menar *Projektledare 1*. Vidare nämner de även problematiken vid en ombyggnation där det krävs bygglov vilket i sin tur kan utlösa ett flertal nya krav på hela byggnaden, såsom krav på tillgänglighetsanpassning i hela byggnaden även om endast en del av byggnaden skall byggas om. Detta kan försvåra möjligheten för återbruk vilket flertalet intervjupersoner är eniga om. *Fastighetsutvecklare 1* diskuterar liknande där de i sitt projekt återbrukade dörrar med äldre mått som då inte uppfyllde tillgänglighetskraven. Istället för att köpa nya experimenterade de med att installera specialgångjärn som gav en förskjutning vid öppning och gjorde att tillgänglighetskraven kunde uppfyllas.

Intervjupersonerna har sett problem vid demontering av material som ska återbrukas då hanteringen i detta skede kan vara avgörande för att kunna återbrukas i ett senare skede. Ventilationskanaler och gipsskivor ges som exempel på material där det är aktuellt. Detta bekräftas när *Fastighetsutvecklare 1* förklarar hur de i deras projekt fick skruva ut skruvarna en och en från alla gipsskivor för att kunna återanvända dem, vilket var tidskrävande. Intervjupersonerna lyfter också utmaningar med återbruk i äldre byggnader där material kan vara från olika årtionden, såsom köksinredning där tillverkare ibland ändrar små mått över tid. Detta kan leda till att äldre och nyare delar inte passar ihop, vilket försvårar kombinationen av exempelvis lådinredningar eller installation av nya vitvaror i äldre stommar.

Intervjupersonerna menar att om äldre byggmaterial skall återbrukas kan det i vissa fall krävas omfattande åtgärder för att de ska uppfylla tidigare nämnda myndighetskrav, vilket är tidskrävande och dyrare. Denna problematik förstärks ytterligare av att flera intervjupersoner menar att den största ekonomiska utmaningen inte alltid ligger i materialkostnaden i sig, utan i den tid och de resurser som krävs för planering, kartläggning, insamling och lagring av återbrukat material. Dessa moment gör att nyproducerat material i vissa projekt kan framstå som det mer kostnadseffektiva alternativet ur ett ekonomiskt helhetsperspektiv enligt dem.
Flera intervjupersoner anser att det i dagsläget saknas incitament för att återbruka i större skala. *Avdelningschef ombyggnadsprojekt 1* förklarar att det måste bli dyrare att slänga och billigare att återbruka för att ekonomin i projekten ska stödja ett ökat återbruk. Hen menar att så länge det kostar mer att återställa och modifiera äldre produkter än att köpa nytt, kommer ekonomin att styra besluten bort från återbruk. Istället bör det skapas ekonomiska incitament för att återbruka mer, till exempel genom att det blir dyrare att deponera byggmaterial och enklare att återanvända.

> **Det ser man ju också bara de sista åren tycker jag, hur sorteringen med olika fraktioner har förändrats och att man måste sortera på plats och inte bara skicka iväg allt i en osorterad container. Eller det kan man ju göra men det blir väldigt dyrt, och det är därför jag säger pengarna styr ju, är det för dyrt så gör du det inte.**
>
> - *Avdelningschef ombyggnadsprojekt 1*

Vidare uttrycker *Projektledare 1* en förhoppning om framtida incitament för att gynna återbruk genom mer fördelaktiga lån för de byggnader med återbrukat material eller projekt med återbruksfokus. Detta blir ett sätt att belöna återbruk vilket hen tror skulle kunna driva på utvecklingen mot mer återbruk i bygg- och fastighetsbranschen.
Avdelningschef ombyggnadsprojekt 1 uttrycker en förhoppning om att tillverkare i framtiden kommer att ta ett större ansvar för sina produkter, exempelvis genom att erbjuda lösningar för uppgradering eller återtagning av material. Detta menar hen skulle kunna bidra till att sänka kostnaderna för återbruk och skapa en mer cirkulär ekonomi inom byggbranschen.

4.1.2 Spårbarhet och dokumentationens betydelse för återbruk

Det konstateras under ett flertal intervjuer att dokumentationen kring äldre byggnader ofta är bristfällig eller till och med ofullständig, vilket kan försvåra återbruk då det inte alltid är tydligt vad som faktiskt finns i byggnaden. Intervjupersonerna diskuterar att det inte alltid går att lita på befintlig dokumentation eftersom olika delar kan ha renoverats vid olika tidpunkter, vilket gjort att dokumentationen inte alltid är enhetlig och korrekt. De nämner att de ibland behöver göra inventeringar på plats för att komplettera bristfällig dokumentation särskilt när det gäller dragningar av kablar, kanaler och andra installationer.

Vidare lyfter intervjupersonerna att vissa byggnader har så bristfälliga handlingar att det krävs uppmätning på plats samt research för att överhuvudtaget kunna skapa en grundläggande dokumentation. Det nämns att det viktigaste att dokumentera inte alltid är det som syns, utan snarare tekniska installationer som är inbyggda som exempelvis var spjäll sitter i schakt och hur dessa kan styras. Denna information menar *Projektchef* 1, underlättar när den finns tillgänglig i den digitala tvillingen för att inte behöva göra fysiska ingrepp för att undersöka var det finns.

Projektchef 1 beskriver också hur de byggde digitala tvillingar baserade på befintliga ritningar, men att dessa modeller inte nådde samma detaljnivå som vid nyproduktion. I de fall då underlagen var otillräckliga gjordes manuella uppmätningar, men någon laserskanning genomfördes inte eftersom det ansågs vara en alltför kostsam metod i efterhand. Resultatet blev enligt projektchefen ”hyfsat bra modeller” som fungerar till viss del, men inte med samma precision som i nyare projekt.

Customer Success Manager 1 diskuterar även möjligheten till spårning av material och dokumentation av byggnader och påpekar att det för äldre byggnader kan vara svårare och dyrare att bygga upp en digital tvilling just på grund av den sämre dokumentationen från start. Hen säger att det tekniskt sett är möjligt att göra, men att det då krävs en större inventering vilket de inte sett att många är intresserade av att lägga ner på just äldre byggnader. Vidare ser hen ett intresse hos kunder att kartlägga material i byggnader men att det oftast är i nyare fastigheter där all information redan finns tillgänglig.

Fastighetsutvecklare 1 som arbetat med ett stort återbruksprojekt i Uppsala, förklarar att det var avgörande med digitala verktyg för att kunna arbeta med återbruk i den skalan de gjorde. De började med en grundlig inventering av hela byggnaden innan ombyggnationen startade. Syftet var att kartlägga alla material och komponenter som kunde återbrukas. Då projektet bestod av flera liknande byggnader där delar skulle rivas, kunde material tas från en byggnad som rivs till en annan som skulle behållas. Utifrån inventeringen byggdes en digital modell upp med all information om

materialen. Detta kompletterades med en databas med detaljerad information om varje objekt såsom mått, egenskaper och ljudklass. Materialen märktes sedan upp med QR-koder för att kunna spåras och identifieras under hela projektets gång. Databasen gav en överblick över vilka material som fanns tillgängliga och var de befann sig i processen från nedtagning till installation i byggnaden. Systemet möjliggjorde att man kunde matcha tillgängligt material med behoven i olika delar av byggnaden.

Även logistiken planerades noggrant med hjälp av den digitala modellen. I projektet använde de sig av lagring av material i själva byggnaden men även på en extern plats för att kunna hantera flödet av material. *Fastighetsutvecklare 1,* betonar att möjligheten att lagra material i närområdet var en viktig faktor för att lyckas med återbruksprojektet. De hade tillgång till ca 20 000 kvadratmeter yta för lagring och hantering av återbrukade material. Den digitala modellen användes för att styra tidsplaner kopplade till flödet av återbrukade material, från rengöring och renovering till installation tillbaka i byggnaden.

> **Digitala verktyg är en förutsättning för att kunna få koll på vad vi har för material. Ett exempel med elboxarna i väggen var att där vet man att de ska monteras på plan 3 vecka 8, och innan dess ska de ha monterats ner, gjorts rent, skickats på lack och kommit tillbaka. Då får du in hela logistikflödet.**
>
> - *Fastighetsutvecklare 1*

4.1.3 När återbruk möter marknad

Intervjupersonerna påpekar att det mestadels är upp till fastighetsägarna att vara den drivande aktören i återbruksarbetet. Flera av intervjupersonerna berättar att det sällan finns direkta krav på just återbruk och att konceptet kring återbruk snarare behöver säljas in hos hyresgästerna. Fördelarna behöver ofta förklaras snarare än att de är självklara. *Projektchef 1* upplever att inställningen till återbruk hos hyresgäster förändrats mycket över tid. Hen har erfarenhet av att hyresgäster för några år sedan var mer tveksamma till att acceptera återbrukat material i sina lokaler, men att de nu generellt sett är positiva till konceptet och mer medvetna om miljöfördelarna. Detta påstående skilde sig från exempelvis *Fastighetsutvecklare 1* uppfattning om marknaden, som arbetar på samma fastighetsbolag men i en annan stad. Intervjupersonernas uppfattning kring hur hyresgästerna ser på återbruk skilde sig därför åt.

> **Av miljömässiga skäl kan man inte bara byta, slänga ut och sätta in nytt. Och de flesta har väldigt svårt att argumentera emot det. Det handlar bara om att det behöver vara tydligt.**
>
> - *Gruppchef uthyrning 1*

Intervjupersonerna påpekar att det även finns hyresgäster som själva uppmuntrar till mer hållbara val av lokaler. Det nämns att större företag, speciellt myndigheter, som använder sig av så kallade “gröna hyresavtal” prioriterar lokaler med hållbarhetsprofil. Dessa “gröna kontrakt” innebär att den aktuella hyresgästen behöver

redovisa sin miljöpåverkan för andra, där kontorslokalernas energiförbrukning oftast har mest fokus. Det visar sig även att hyresgäster som flyttar in i återbrukade lokaler kan inspireras att själva bidra till återbruksarbete. *Projektledare 2* har arbetat på en ombyggnation av kommersiella lokaler med stort fokus på återbruk i Göteborg och nämner att Wallenstams initiativ kring återbruk i byggnaden ledde till att en av hyresgästerna valde att själva ta in enbart begagnade möbler i inredningen av lokalen. Det är däremot inte alla hyresgäster som reagerar lika positivt på att följa fastighetsbolagens återbruksinitiativ och uppmaning att inreda med återbruksfokus. *Fastighetsutvecklare 1* nämner att de tidigt i återbruksprojektet i Uppsala tappade en potentiell hyresgäst på grund av att de inte kunde tänka sig att jobba med återbruk enligt Fastighetsbolag 2*:s* önskan, utan att de såg fler fördelar med nyproduktion.

Vikten av att nämna eventuellt återbruk i hyresavtalen skilde sig åt mycket i intervjuerna. En del menar på att det är viktigt att vara transparent med vad för typ av anpassningar som gjorts i lokalen och om återbruk har använts. Detta för att undvika missförstånd om hyresgästen förväntar sig att allt är nytt. Det lyfts även att detta skapar ett tillfälle att lyfta miljöfördelarna med återbruk för hyresgästerna. Andra nämner däremot att de för några år sedan brukade inkludera information om eventuellt återbruk i hyresavtalen, men att det inte längre är något som behövs. Uppfattningen är att när återbruksarbetet tidigare skrevs med i avtalen ledde det till fler frågor men inga egentliga problem. Målet är att det återbrukade materialet ska vara i så pass bra skick att det inte ska påverka eller egentligen ens märkas av hyresgästerna. “Upcycling”, som även kan kallas uppgraderat återbrukat material, är därför något som används mycket; målet är att det ska se ut som nytt material snarare än begagnat. *Projektledare 2* nämner att de vid ett återbruksprojekt fick många positiva reaktioner där en större andel kollegor inte kunde märka skillnaden på det som var nytt och det som var återbrukat material vilket han menar på visar att resultatet av återbruk rent utseendemässigt kan bli väldigt bra. Även om vissa intervjupersoner berättar att de inte har med skrivningar om återbruk i hyresavtalen, nämns att vissa saker ändå kan behöva skrivas. I de fall där det behövs kan det skrivas med i avtalen att fastighetsbolaget exempelvis står för utbyte av de insatta återbrukade vitvarorna om dessa slutar att fungera. Det är ett sätt de har hanterat problematiken kring garanti av de återbrukade produkterna. Tidigare kunde diskussioner kring garanti av återbrukat material vara i fokus, men de upplever idag att detta inte är något problem. Detta då själva installationen av de återbrukade produkterna täcks av garanti, även om inte själva materialet gör det.

Något annat som intervjupersonerna diskuterade gällande avtalsfrågor var prissättningen av en lokal där återbruk använts i lokalanpassningen. Här skiljer sig svaren åt mycket. Några nämner att prissättningen av återbrukade och hållbara lokaler ofta innebär en högre hyra, och att det oftast beror på att helhetsupplevelsen av fastigheten motiverar dessa premiumhyror snarare än återbruket i sig. Andra intervjupersoner uppger däremot att prissättningen av återbrukade lokaler inte skiljer sig från andra lokaler. *Gruppchef uthyrning 1* berättar att de vid uthyrning av ett större

återbruksprojekt som genomfördes nyligen medvetet prissatte lokalernas hyra lägre än vad som kan förväntas av marknaden för att testa konceptet kring lokaluthyrning av återbruksrenoverade lokaler. Med facit i hand konstaterar hen däremot att de hade kunnat ta högre hyra för dessa lokaler, då betalningsviljan finns för dessa återbrukade lokaler.

4.2 Digitala verktygens roll – i nutid och framtid

Digitala verktyg och framför allt digitala tvillingar lyfts ofta fram som en möjliggörare för ett mer resurseffektivt och hållbart byggande. I praktiken visar studiens resultat dock att användningen ofta är begränsad. Flera intervjupersoner beskriver att digitala tvillingar ofta skapas, men sällan används fullt ut. Orsakerna kan vara många; brist på rutiner, kunskap och användarvänlighet är några av dem. Samtidigt finns en stark tro på potentialen i digital tvilling framåt, särskilt för mer hållbart byggande. I detta avsnitt redovisas hur digitala verktyg används idag, vilka hinder som upplevs i praktiken samt vilka framtida möjligheter intervjupersonerna ser för en mer effektiv och integrerad användning.

4.2.1 Människan i den digitala omställningen

Även om de digitala verktygen finns och har potential, måste det finnas människor som kan och vill använda dem. I intervjuerna framkommer det att det ofta finns ett motstånd mot förändring. *Customer Success Manager 1* menar på att vissa anställda föredrar gamla metoder och att det tar tid för anställda att lära sig och anpassa sig till nya system. Han förklarar att det kan ta sex till tolv månader innan ett verktyg används effektivt och att det därför inte räcker att implementera en teknisk lösning utan organisationen behöver ha interna processer och personer som driver på förändringen. *Customer Success Manager 1* lyfter att det i större organisationer ofta är en utmaning att nå ut med tillräcklig information och utbildning kring nya digitala system. Otydlig kravställning i kombination med bristande förståelse hos användarna kan leda till att systemen inte används som tänkt, därför är det avgörande att ledningen tydligt kommunicerar syftet och användningen för att skapa acceptans och driva förändring. *Förvaltare 1* påpekar att det krävs en attitydförändring och vilja att använda nya digitala system för att de ska bli effektiva. Hen tar upp när branschen började gå över från 2D ritningar till 3D ritningar och det motstånd som fanns på den tiden men att 3D-modellering nu är standard och menar på att det handlar om en långsiktig process där branschen successivt behöver anpassa sig.

> **Det var ju liksom en stor omställning bara när man gick över från 2D CAD till att börja rita 3D. Det är ju ett jättestort motstånd i början, men nu gör man bara 3D. Visst, du har kanske 2D detaljer på sin höjd, men knappt det egentligen. Men det har ju tagit tjugo år, så det är en process.**
>
> - *Förvaltare 1*

Projektchef 1 belyser att människor är vanedjur, vilket ofta gör det svårt att bryta invanda rutiner även när nya verktyg finns tillgängliga. Hen föreslår att det kan krävas mer radikala åtgärder såsom att stänga ner gamla system temporärt för att driva på övergången. *Förvaltare 1* instämmer med det och ger förslag på till exempel implementering av incitament eller liknande lösning för att uppmuntra användningen av nya system, men även för att hålla informationen i systemen uppdaterade. Hen förklarar att mindre ändringar som görs i fastigheterna, särskilt av förvaltningen, inte alltid dokumenteras i ritningarna. Detta menar hen kan vara resultatet av att många

inom förvaltning inte är kunniga inom CAD och 3D-ritningsprogram och då inte har kunskapen att ändra själva. *Förvaltare 1* nämner även att hen, som har kunskaper inom digitala verktyg som CAD, ofta hjälper sina kollegor att ta reda på information i CAD då de själva saknar kunskap om systemet. Vidare pratar *Förvaltare 1* om att detta leder till ett glapp mellan verklighet och ritningar vilket gör det svårt att veta om all information är uppdaterad och korrekt. *Teknikansvarig 1* menar också på att systemen snabbt blir inaktuella om små ändringar inte läggs in kontinuerligt men påpekar däremot att för hög detaljnivå i systemet i vissa fall kan leda till att det slutas användas och att det ibland är mer praktiskt med enklare 2D-ritningar än avancerade 3D-modeller.

> **Idag går det mycket snabbare att se på en 2D-ritning, även för dem som utför arbetet. Det är mycket enklare att skriva ut en PDF eller skicka ett mejl med en PDF med 2D-bilder. 3D är det inte många som har kunskap om. Det är många, många som jobbar jätteodigitalt ute idag fortfarande.**
>
> - *Teknikansvarig 1*

Customer Success Manager 1 menar på att olika målgrupper har olika digital mognad och att det är svårt att skapa digitala system som är användarvänliga för alla. På liknande sätt lyfter *Teknikansvarig 1* att kunskapsnivån varierar bland användarna och många i branschen arbetar fortfarande analogt vilket kan göra det svårt att implementera avancerade digitala system brett.

Förvaltare 1 nämner att det idag krävs en dator och bra Wi-Fi uppkoppling för att kunna ta upp 3D-ritningar för en fastighet ute på plats. Detta har dock inte *Förvaltare 1* upplevt som ett problem då hens fastighetsbestånd ligger nära kontoret; vid behov är det lätt att gå tillbaka till kontoret för att kolla upp detaljer i ritningar. Däremot påpekar *Förvaltare 1* att det kan vara ett problem, eller åtminstone mer krångligt, för de förvaltare som har sina fastigheter längre bort från kontoret. Hen ser därför en stor potential i en digital tvilling om de fungerar så smidigt som det verkar. Specifikt ser *Förvaltare 1* en möjlighet för en digital tvilling att underlätta vid felsökning av problem i en fastighet. En digital tvilling hade framför allt hjälpt med att identifiera var exempelvis installationer och liknande är lokaliserade i väggarna. I dagsläget går det inte att anta att denna information ens finns tillgänglig i de nuvarande ritningarna. Det innebär att de ibland kan behöva kontakta specifika entreprenörer de tror har bäst kunskap om just den fastigheten för att få fram mer information om specifika byggdelar eller installationer. Fortsättningsvis påpekar *Förvaltare 1* att det krävs en uppdaterad digital tvilling för att den faktiskt ska underlätta och vara användbar i ett sådant scenario.

4.2.2 Ekonomisk nytta av implementering och utmaningar över tid

Att digitala verktyg är framtiden är intervjupersoner eniga om, men den ekonomiska nyttan av implementering är i dagsläget starkt påverkat av olika faktorer. Intervjupersonerna berättar att de ser störst ekonomisk nytta av att implementera en digital tvilling vid nyproduktionsprojekt. Detta beror på att det finns mer tillförlitligt och väldokumenterat ritnings- och projektunderlag och ofta större budget. Att dessutom kunna utgå från redan färdigprojekterade 3D-ritningar underlättar om mer detaljerade digitala tvillingar önskas. Vid ombyggnation av äldre byggnader anser flera av intervjupersonerna att nyttan som följer av digitalisering inte nödvändigtvis väger upp för de höga kostnader som omfattande inventeringar och skanningar kan innebära. De tar även upp problematiken med äldre byggnader som genomgått flera ombyggnationer, som kan ha olika installationer från olika årtionden. Detta ökar svårigheterna att skapa en korrekt, detaljerad och tillförlitlig digital tvilling. Intervjupersonerna uppger även att den ekonomiska nyttan av implementering av digital tvilling kan variera beroende på fastighetstyp. Exempelvis kan det vara en stor fördel i större kommersiella fastigheter som oftare genomgår ombyggnationer jämfört med äldre hyresrättshus där ombyggnationer sker mer sällan. De diskuterar även att implementering av digitala tvillingar är en investering där den totala nyttan syns först när verktygen används fullt ut, vilket kan ta tid.

> **Jag tror vi kommer ha väldigt stor nytta av den digitala tvillingen, men det kommer nog ta ett tag också. Som alla nya grejer vi implementerar.**
>
> - *Projektchef 1*

Detaljerad projektering och logistik kring återbruk kan ibland vara kostsamt. *Fastighetsutvecklare 1* berättar att projekteringskostnaderna för deras stora återbruksprojekt i Uppsala, där alla ritningar var digitala, var högre än i ett traditionellt projekt. Hen nämner att detta främst berodde på den höga detaljnivån i projekteringen. Detta upplever hen resulterade i delvis överdrivet detaljerade modeller som inte nödvändigtvis gav motsvarande värde tillbaka. Hen trodde att den uppnådda detaljnivån eventuellt skulle leda till vinster i upphandling och inköp med tanke på den minskade osäkerhetsfaktorn, men så blev inte fallet. *Fastighetsutvecklare 1* resonerar även över kostnaden av att rita in smådetaljer i modellerna kan kosta betydligt mer än själva materialinköpet. Detta kan dock skilja sig åt, då *Customer Success Manager 1* nämner att det finns prenumerationsalternativ där mindre ändringar i de digitala tvillingarna ingår. Samtidigt berättar *Fastighetsutvecklare 1* att den detaljerade modellen var en förutsättning för att effektivt kunna genomföra återbruksarbetet och logistiken kring återbruket.

Risken att betala för en digital tvilling som sedan matas med bristfällig eller felaktig information som inte går att lita på är något flera av intervjupersonerna diskuterar. De diskuterar att det finns en risk med att investera i digitala tvillingar om modellerna inte är användarvänliga och pålitliga. Även i de fall digital tvilling har

implementerats, används den inte fullt ut enligt några av intervjupersonerna. Detta beror främst på att informationen som lagts in i modellen inte är tillräckligt exakt och pålitlig att de går att använda till sin fulla potential. *Projektchef 1* berättar att hen ser potential i den digitala tvillingen för att göra mängdberäkningar och kalkyler, vilket skulle kunna ge ekonomiska fördelar. Däremot menar hen på att de i nuläget inte underlättar arbetet i hans roll utan att det istället lett till mer att tänka på i projekteringen vilket skapar extra arbete. Då det inte går att lita på att informationen modellen förmedlar är korrekt, varken från början eller efter mindre ombyggnationer, behövs ändå ett platsbesök eller jämförelse med andra dokument för att vara säker på underlaget. Detta kopplar de vidare med att diskutera behovet av personal för att hålla det uppdaterat, och att det i sig ger ökade driftkostnader. Vidare diskuterar *Projektchef 1* användarvänligheten hos de digitala tvillingarna. Tunga filer med mycket detaljer och många funktioner resulterar i digitala tvillingar som är långsamma att navigera. Hen antyder att det kan vara fördelaktigt att inte alltid ha alla detaljer och funktioner aktiverade i de digitala tvillingarna, utan att det snarare aktiveras vid behov. *Projektchef 1* nämner däremot att en ökad användarvänlighet i systemen inte bara är leverantören till den digitala tvillingens ansvar, utan att mycket förmodligen är att användarna inte är tillräckligt kunniga i systemen och att de behöver användas mer frekvent. Dessutom är många bekväma i det tidigare arbetssättet vilket gör att implementeringen inte gjorts fullt ut trots förutsättningarna.

> **Vi alla har tillgång till den digitala tvillingen - sen om man kan hantera det verktyget är en annan sak. Och sen om verktyget kan bli lättare, ja det tror jag. Men det är nog mer att man ska använda det tillräckligt ofta.**
>
> - *Projektchef 1*

4.2.3 Den digitala framtiden i bygg- och fastighetsbranschen

Den roll digitala verktyg kommer att spela i framtidens bygg- och fastighetsbransch var något alla intervjupersoner diskuterade. Flera av intervjupersonerna poängterade att det är lättare att implementera digitala tvillingar i nya byggnader än i äldre. Intresset för att använda digitala tvillingar är dessutom större vid nybyggnationer. Många ritningshandlingar för nybyggnationer görs idag redan i 3D, vilket gör implementeringen lättare. Intervjupersonerna anser att perfekta modeller av byggnader vars information går att lita på helt ligger några år framåt i tiden, likt den tid det tog för 2D-ritningar att övergå till att 3D blev ny standard.

Intervjupersonerna nämner även den tekniska potential som digitala tvillingar har, men även hinder för att nå denna potential. En eventuell AI-koppling till den digitala tvillingen för att få en automatiserad, snabb och kostnadseffektiv modellering tillsammans med bra interoperabilitet mellan system är något som *Fastighetsutvecklare 1* ser som en framtida funktion digitala tvillingar kan ha för att underlätta arbetet. Att den digitala tvillingen ska vara enkel att använda och förstå sig på var även något som de nämner som förutsättningar för att de digitala tvillingarna ska användas på en bred front i branschen i framtiden. *Customer success manager 1*

berättar att de, leverantör av digitala tvillingar, lagt stor vikt vid att programvaran och applikationerna ska fungera väl på mobilen, vilket hen även påstår att den gör i dagsläget. Särskilt fokus har lagts på applikationer inriktade mot drift och förvaltning eftersom de sett att många inom dessa områden ofta använder surfplattor eller mobiler i sitt dagliga arbete. Vidare nämner intervjupersonerna att det måste vara enkelt att byta ut komponenter i modellen för att underlätta vid renovering eller återbruk. En ökad detaljnivå på byggnadernas digitala tvillingar påpekas även ha potential så länge det efterfrågas. Andra intervjupersoner beskriver hur framtidens användning av digital tvilling beror på hur enkla processerna blir, och att det går att nå ökad nytta via digitala verktyg även om det inte är en komplett tvilling. Prestanda, systemintegration och användarnas tekniska kunskaper måste vägas mot verktygets komplexitet.

Den samling av dokumentation som den digitala tvillingen möjliggör skulle kunna underlätta för återbruk enligt intervjupersonerna. Det finns ett behov för standardiserade materialkataloger och långsiktig informationsdelning, då det idag upplevs som en utmaning att samla en stor mängd återbrukat material i rätt skick och rätt mått inför ett projekt. Att få en snabb åtkomst till mängd- och specifikationsdata för återbruk tillsammans med att koppla ihop den digitala tvillingen till tredjepartslösningar, som en marknadsplats för återbrukat material, är fullt möjligt så länge efterfrågan och betalningsviljan för dessa funktioner finns. *Customer Success Manager 1* säger att det mesta är möjligt med den digitala tvillingen. Så länge beställaren av den digitala tvillingen matar den digitala tvillingen med korrekt information och kontinuerlig datauppdatering, går det att lägga in den detaljnivå man önskar och att man kan lita på informationen.

> **Digital tvilling är ju en möjliggörare. Det går ju att göra mycket. Men man måste ju också vara med på tåget själv.**
>
> - *Customer Success Manager 1*

5 Diskussion

Studiens resultat visar att det finns en övergripande positiv inställning till både återbruk och användning av digitala verktyg inom byggbranschen. Flera intervjupersoner beskriver en långsam men gradvis utveckling, där digitala tvillingar och återbruksarbete ses som viktiga delar i en mer hållbar framtid. Samtidigt framkommer det att en implementering av digital tvilling inte nödvändigtvis innebär att verktyget används fullt ut i praktiken. Flera intervjupersoner pekar på att efterfrågan på återbrukade material ännu är begränsad och att marknaden därmed inte är fullt redo för en fullskalig användning av digital tvilling i kombination med återbruk. Både organisatoriska och tekniska hinder lyfts, såsom avsaknaden av tydliga processer för återbruk och standardiserade metoder för hur digitala verktyg kan stödja detta arbete. Nedan följer en diskussion kring dessa resultat i relation till tidigare forskning och branschens framtida förutsättningar.

Mycket som respondenterna berättar speglar den forskning som finns inom ämnet idag. Det finns också saker som skiljer sig åt både mellan intervjupersonerna samt kopplat till tidigare forskning. Något som var förvånande var att kopplingen mellan digitala tvillingar och återbruk inte är särskilt etablerad i branschen, eller ens särskilt omdiskuterad. Detta stämmer dock överens med vad Arsecularatne et al. (2024) påpekar, att digitala tvillingar i samband med hållbarhetsfrågor och cirkulär ekonomi först har dykt upp på senare år. Då kopplingen mellan digitala tvillingar och återbruk saknas i större utsträckning i branschen än förväntat innebär det att resultatet är uppdelat med återbruk och dess utmaningar för sig, och digitala verktyg för sig snarare än dem i kombination. Detta är en av de viktigare upptäckterna som gjorts i denna fallstudie, att de möjligheter som tidigare forskning vittnar om med återbruk och digitala verktyg i kombination inte speglas i verkligheten i branschen idag.

Det finns bara ett projekt som lyfts i intervjuerna som faktiskt har kombinerat både digital tvilling och återbruk, vilket är i Uppsala av Fastighetsbolag 2. I detta fall fanns det ingen digital tvilling på plats innan ombyggnationen, vilket annars ofta lyfts som en förutsättning i forskningen (Mügge et al., 2024). Istället skapades en typ av digital tvilling under projekteringen, tack vare den höga detaljnivån i 3D-ritningarna. Den digitala tvillingen spelade en avgörande roll för att hantera logistik kopplat till återbruk, men användes också med framtida nytta i åtanke. Trots att den digitala tvillingen alltså inte fanns från start, bidrog den ändå till att underlätta återbruksarbetet. Det visar att en digital tvilling kan skapa värde oavsett när i processen den tas fram. Men om nyttan verkligen ska maximeras, särskilt vid återbruksprojekt, bör den digitala tvillingen vara en del av byggnaden redan från början. Det handlar om att tänka långsiktigt och skapa rätt förutsättningar för ett mer cirkulärt byggande redan idag.

Efter intervjun med *Customer Success Manager 1* blev det även tydligt att de digitala verktygen har oändligt med potential så länge efterfrågan på detaljerad information i de digitala tvillingarna finns. Andra intervjupersoner nämner användarvänligheten

som en viktig faktor för att kunna och vilja använda den digitala tvillingen, vilket för mycket detaljer och för tunga filer eventuellt skulle kunna hindra. *Projektchef 1* upplever att ju större filerna är i den digitala tvillingen desto längre tid tar det att ladda filen. Däremot påstår *Customer Success Manager 1* att användarvänligheten redan är hög för dator, mobil och surfplatta. Exakt var balansen är mellan ett program som innehåller tillräckligt detaljerad information för att underlätta för återbruk och ett program som lätt går att navigera i utan att den blir långsam av tunga filer är något för framtida studier.

En högt detaljerad digital tvilling underlättar för arbete med återbruk enligt Mügge et al. (2024), men resultatet visar att det kan bli kostsamt. *Fastighetsutvecklare 1* upplevde att projekteringen för pilotprojektet i Uppsala blev dyr och att detaljnivån kunde anses vara "onödigt" hög, vilket sågs som en lärdom för kommande projekt. Värt att ifrågasätta här är vad som egentligen är ”onödigt”. Det som i dagsläget ses som en “onödigt hög” detaljnivå och kostnad, är förmodligen det som krävs för att digitala tvillingar ska göra någon verklig nytta för återbruksarbete. Om inte den digitala tvillingen bidrar med tillräckligt detaljerad information om exakt vad som finns i byggnaden, försvinner en stor del av dess nytta vid återbruksprojekt.

Återbruk tillämpas i olika utsträckningar av intervjupersonerna och fastighetsbolagen och ses generellt som ett bra sätt att arbeta mer hållbart, men det framkommer att det finns många utmaningar kopplat till återbruksarbete i branschen. Som Meng et al. (2023) uttrycker är många tekniska utmaningar problematiska vid återbruksarbete. Fastighetsbolag 2 lyckades genomföra sitt projekt i Uppsala med en hög grad av återbruk. En förutsättning för att de lyckades nå den höga graden av återbrukat material var inte bara digitala verktyg, utan även att byggnader intill revs. Detta skapade bra tillgång till material att återbruka, vilket inte alltid är fallet i återbruksprojekt. Det framgår nämligen under intervjuerna att det kan vara en utmaning att få tag på material i rätt storlek, mängd och skick. Tirado et al. (2022) framhäver att det kan skapa osäkerheter när material inte har samma standard som material i nyskick och att det kan bli svårare att avtala om. Detta diskuteras mycket i intervjuerna, och det kan konstateras att de olika fastighetsbolagen är olika transparenta i hyresavtalen gällande om återbruk använts i lokalanpassningarna. Huruvida det är viktigt för hyresgästen att informeras skriftligen om mindre återbruksarbete genomförts eller inte går att diskutera vidare. Även inom samma fastighetsbolag men i olika städer finns olika uppfattningar om hyresgästernas inställning till återbruk, och hur mycket återbruksarbete behöver säljas in. Detta kan visa på en skillnad mellan städerna i efterfrågan på återbruk vid hållbara lokalanpassningar. Resultatet kan däremot även bero på olika personliga inställningar hos intervjupersonerna. I denna studie finns inte tillräckligt med underlag i och med studiens avgränsning för att dra en sådan slutsats kring skillnad i inställning i olika städer, men är intressant att poängtera för framtida studier.

Dessutom vittnar intervjupersonerna om väldigt olika arbetssätt rörande återbruk i ombyggnationsprojekt. Det är en blandning av materialinventering, 3D-skanning och allmän magkänsla som ligger till grund för att se vilka material som går att återbruka. Olumo och Haas (2024) pratar om hur 3D-skanning och andra testmetoder kan kartlägga materialen i byggnader som en detaljerad digital version av byggnaden. Det saknas även en standardiserad process både inom företagen, men även allmänt i branschen för återbruksarbetet. Hade fler arbetat på liknande sätt hade det underlättat för tredjepartslösningar som exempelvis marknadsplatser för återbruk. Flera av respondenterna ser ett värde i att ha en sådan koppling, och *Customer Success Manager 1* säger att det är fullt möjligt ur ett tekniskt perspektiv. Detta har även konstaterats av Kuzminykh et al. (2024) som säger att möjlighet att dela information om material mellan olika aktörer och plattformar är en nyckelfaktor för att främja återbruksarbetet.

Tidigare forskning visar på stora klimatvinster när bärverksdelar återbrukas (Al-Najjar & Malmqvist, 2025; Sweco Sverige AB, 2023). Studierna visar på att betongelement och stål kan återbrukas med en mindre klimatpåverkan än nya material. I resultatet har bärverksdelar inte kommit på tal vid diskussion om vanliga material att använda vid återbruk, utan enbart vid projekt där bärande element har behållit sin ursprungliga plats. Detta skulle kunna vara påverkat av ett fokus som hamnat på ombyggnationer och inte nybyggnationer. Möjligtvis att det inte tagits upp på grund av val av intervjufrågor, eller att det faktiskt inte är ett arbetssätt som används mycket i branschen idag.

Fortsättningsvis finns tveksamheter hos respondenterna kring om det värde digitala tvillingar och återbruk skapar för marknaden/hyresgäster, organisationen och kollegorna övervinner den ekonomiska satsningen en implementering och underhåll av digitala tvillingar innebär. En digital tvilling måste bygga på korrekt inlagd data som uppdateras kontinuerligt för att vara användbar (Arsecularatne et al., 2024; Iyiola et al., 2024). Om inte de nödvändiga investeringarna görs försvinner förutsättningarna för att genomföra en lyckad implementering av den digitala tvillingen (Liu et al., 2024). Även om en digital tvilling finns tillgänglig för en fastighet, så har intervjuerna med Fastighetsbolag 2 visat på att den digitala tvillingen inte används i den utsträckning som vi förväntade oss. Det visar sig att den digitala tvillingen används mer av projektavdelningen snarare än i förvaltning, drift och underhåll i Fastighetsbolag 2, som Arsecularatne et al. (2024) påstår är de områden som digitala tvillingar utvecklats snabbast inom. Det verkar därför finnas mycket potential för den digitala tvillingen inom speciellt förvaltning, drift och underhåll. Det kan däremot bero på avsaknad av kunskap kring hur BIM och andra digitala verktyg fungerar som digitala tvillingarna inte får fäste i förvaltningen. Dessutom kan det vara svårmotiverat att få alla att byta digitalt verktyg och system om man anser att det tidigare fungerar tillräckligt bra. *Teknikansvarig 1* berättar att det är många "ute i fält" som inte kan hantera digitala verktyg så väl, och *Förvaltare 1* på Wallenstam nämner hur han ofta hjälper kollegor i förvaltningen att få fram data från 3D-programmen

som inte har kunskap om det själva. Disney et al. (2023) diskuterar den komplexa processen när en fullständig integration genomförs för att skapa en digital tvilling. Han menar på att företag behöver skapa nya arbetsprocesser och tekniska anpassningar för att det ska fungera. Resultatet visar tydligt att så även är fallet här, då den digitala tvillingen inte blivit tillräckligt integrerad för att uppnå sin fulla potential. Dessutom visar resultatet på bristande noggrannhet i informationen som matats in i dessa modeller som innebär att det är svårare att lita på datan de digitala tvillingarna har.

Mycket av diskussionerna kring hur digitala tvillingar kan underlätta vid återbruk i ombyggnation blir enbart spekulationer kring framtiden, både från oss och från respondenterna. Detta då verkligheten i branschen verkar vara att digitala tvillingar och återbruk ännu inte kopplats ihop. Däremot ser många potentialen som en detaljrik digital tvilling kan ha inför ombyggnationer med återbruk i fokus. Om tankar kring kopplingen mellan digitala tvillingar och återbruk är på grund av att intervjupersonerna själva kommit fram till potentialen digitala tvillingar och återbruk har i kombination, eller om det var intervjufrågorna som väckte dessa tankar är svårt att avgöra. Det är även värt att ifrågasätta varför digitala tvillingar och återbruk inte är mer vanligt förekommande tillsammans, när de tekniska förutsättningarna finns. Det tyder på att det mest är en inställning som dominerar i branschen och marknaden som behöver förändras snarare än att det inte är möjligt i dagsläget. Flera intervjupersoner nämner att det kan krävas incitament, eller till och med myndighetskrav, för att återbruk i branschen ska bli normen. I samband med ett sådant krav skulle eventuellt också förekomsten av digitala tvillingar som komplement till återbruk öka. Verktygen finns, men viljan måste också finnas där.

6 Slutsats

Syftet med denna studie är att bidra med en inblick i hur digitala tvillingar kan stödja återbruksarbete i ombyggnationsprojekt. Studiens resultat ger både teoretiska och praktiska bidrag till aktörer i bygg- och fastighetsbranschen för hur digitala tvillingar kan underlätta för återbruk. Det teoretiska bidraget i detta arbete grundar sig i att studien kopplar samman relevant teori med praktiska erfarenheter från branschen. Detta bidrar till en fördjupad förståelse för hur digitala verktyg kan stödja hållbarhetsarbete i en konkret kontext. Aktörer i bygg- och fastighetsbranschen rekommenderas att använda studiens resultat som vägledande underlag i förarbetet inför implementering av digital tvilling. Resultatet är även värdefullt för dem som vill arbeta mer systematiskt med återbruk i byggprojekt, särskilt i kombination med digitala verktyg. För att minska riskerna vid implementering samt arbete med återbruk och digitala verktyg rekommenderas branschaktörer att läsa på och tidigt identifiera och förbereda sig på de tekniska och organisatoriska utmaningar som kan uppstå och hämma nyttan.

Digitala tvillingar kan spela en nyckelroll i effektivt och storskaligt återbruksarbete, men det finns i dagsläget många hinder som grundar sig i både organisatoriska och tekniska utmaningar. Branschen är inte mogen för en fullskalig implementering av digitala tvillingar i återbrukssyfte, då efterfrågan som krävs för att det skall bli en standard i branschen inte existerar idag. En av de mest betydelsefulla upptäckterna har varit att digitala tvillingar och återbruk i kombination ännu inte etablerats i bygg- och fastighetsbranschen, trots sin potential. Återbruk används mer och mer, men det finns ingen standardiserad process att följa i vare sig organisationerna eller i branschen. Detta gör det svårt att skala upp återbruksarbetet. Vidare har även implementering av digitala tvillingar hinder som bör förebyggas. Organisationer bör prioritera kompetensutveckling och användarvänliga lösningar för att säkerställa att digitala verktyg används effektivt i praktiken. Det finns stor framtidspotential för digitala tvillingar och återbruk i samspel – men viljan, efterfrågan och krav måste komma från användare, organisationer, branschen och myndigheter för att potentialen ska kunna realiseras.

Studien visar att digitala verktyg, särskilt digitala tvillingar, kan stödja en bredare användning av återbruk i byggprojekt. Genom att möjliggöra spårbarhet, transparens och tillgång till detaljerad information om byggnadsdelar och material ökar förutsättningarna för effektivt återbruk. För att verktygen ska uppnå sin fulla potential krävs det att de integreras med hög detaljnivå, att de kopplas ihop med andra system och även potentiellt med tredjepartslösningar. Fastighetsbolagen bör arbeta för att göra digitala tvillingar till en naturlig del av det dagliga arbetet – med rätt incitament, kompetensutveckling, rutiner och organisatorisk förankring. Först då kan digitala tvillingar effektivisera återbruksarbete i praktiken.

Mot bakgrund av detta identifieras flera områden som kan vara relevanta för vidare forskning. Ett första spår är att studera hur processen kring implementering och underhåll av digitala tvillingar kan förenklas och effektiviseras, särskilt i tidiga skeden av ett projekt. En annan viktig aspekt är att undersöka investeringstid och avkastning för digitala tvillingar: i vilken utsträckning kan digitala verktyg generera konkreta hållbarhetsvinster inom en nära framtid? Vidare vore det intressant att utforska hur standardiserade processer för återbruk och hållbart byggande kan utformas och implementeras i branschgemensamma riktlinjer.

7 Referenser

Al-Najjar, A., & Malmqvist, T. (2025). Embodied carbon saving of reusing concrete elements in new buildings: A Swedish pilot study [Article]. *Resources, Conservation and Recycling*, *212*, Article 107930. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2024.107930

Arsecularatne, B. P., Rodrigo, N., & Chang, R. (2024). Review of reducing energy consumption and carbon emissions through digital twin in built environment [Review]. *Journal of Building Engineering*, *98*, Article 111150. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.111150

Berglund-Brown, J., Pandey, A., Duarte, F., Ganitsky, R., Kirchain, R., & Zheng, S. (2024). Stakeholders' perceptions of and willingness to pay for circular economy in the construction sector [Article]. npj Urban Sustainability, 4(1), Article 46. https://doi.org/10.1038/s42949-024-00182-9

Braun, V., Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology, Qualitative Research in Psychology, 3:2, 77-101. https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa

Boverket. (2023). *Digitaliseringens betydelse för en cirkulär bygg- och fastighetssektor.* https://www.boverket.se/sv/byggande/cirkular-ekonomi/styrmedel/digitaliseringens-betydelse/

Boverket. (2024a). *Bygg- och fastighetssektorns uppkomna mängder avfall.* https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/avfall/

Boverket. (2024b). *Miljönyttan med cirkulärt byggande.* https://www.boverket.se/sv/byggande/cirkular-ekonomi/cirkulara-byggnader/miljonytta/

Boverket. (2024c). *Återbruk av sammansatta byggprodukter och byggnadsdelar* https://www.boverket.se/sv/byggande/cirkular-ekonomi/cirkulara-byggnader/aterbruk/byggprodukter/

Boverket. (2024d). *Återbruk av stomkomplettering och andra byggnadsdelar.* https://www.boverket.se/sv/byggande/cirkular-ekonomi/cirkulara-byggnader/aterbruk/byggprodukter/stomkomplettering/

Denscombe, M. (2018). *Forskningshandboken : För småskaliga forskningsprojekt inom samhällsvetenskaperna* (Fjärde upplagan). (P. Larson, övers.). Studentlitteratur. (Originalarbete publicerat 2017)

Disney, O., Roupé, M., & Johansson, M. (2023). Driving circularity with Total BIM: An integrated approach to data-driven design. *Proceedings of the 39th Annual ARCOM Conference: Constructing for the Future, ARCOM 2023*, *39*, 114–123. https://research.chalmers.se/publication/543071

Europaparlamentet. (2020). *Vad är artificiell intelligens och hur används det?*. https://www.europarl.europa.eu/topics/sv/article/20200827STO85804/vad-ar-artificiell-intelligens-och-hur-anvands-det

European Environment Agency. (2020). *Cutting greenhouse gas emissions through circular economy actions in the buildings sector.* https://www.eea.europa.eu/publications/cutting-greenhouse-gas-emissions-through

Isaksson, O., Hallstedt, S. I., & Rönnbäck, A. Ö. (2018). Digitalisation, sustainability and servitisation: Consequences on product development capabilities in manufacturing firms. *Proceedings of NordDesign: Design in the Era of Digitalization, NordDesign 2018.*

Iyiola, C. O., Shakantu, W., & Daniel, E. I. (2024). Digital Technologies for Promoting Construction and Demolition Waste Management: A Systematic Review [Review]. *Buildings*, *14*(10), Article 3234. https://doi.org/10.3390/buildings14103234

Kuzminykh, A., Granja, J., Parente, M., & Azenha, M. (2024). Promoting circularity of construction materials through demolition digitalisation at the preparation stage: Information requirements and openBIM-based technological implementation [Article]. *Advanced Engineering Informatics*, *62*, Article 102755. https://doi.org/10.1016/j.aei.2024.102755

Lauria, M., & Azzalin, M. (2024). Digital Twin Approach in Buildings: Future Challenges via a Critical Literature Review [Review]. *Buildings*, *14*(2), Article 376. https://doi.org/10.3390/buildings14020376

Lee, S., Chang, H., & Lee, J. (2024). Construction and demolition waste management and its impacts on the environment and human health: Moving forward sustainability enhancement [Review]. *Sustainable Cities and Society*, *115*, Article 105855. https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105855

Lins, E. J. M., Palha, R. P., Sobral, M. D. C. M., Araújo, A. G. D., & Marques, É. A. T. (2024). Application of Building Information Modelling in Construction and Demolition Waste Management: Systematic Review and Future Trends Supported by a Conceptual Framework [Review]. *Sustainability (Switzerland)*, *16*(21), Article 9425. https://doi.org/10.3390/su16219425

Liu, L., Zeng, N., Liu, Y., Han, D., & König, M. (2024). Multi-domain data integration and management for enhancing service-oriented digital twin for infrastructure operation and maintenance [Article]. *Developments in the Built Environment*, *18*, Article 100475. https://doi.org/10.1016/j.dibe.2024.100475

Meng, X., Das, S., & Meng, J. (2023). Integration of Digital Twin and Circular Economy in the Construction Industry [Article]. *Sustainability (Switzerland)*, *15*(17), Article 13186. https://doi.org/10.3390/su151713186

Mügge, J., Seegrün, A., Hoyer, T. K., Riedelsheimer, T., & Lindow, K. (2024). Digital Twins within the Circular Economy: Literature Review and Concept Presentation [Article]. *Sustainability (Switzerland)*, *16*(7), Article 2748. https://doi.org/10.3390/su16072748

Naturvårdsverket. (2023). *Klimatet och bygg- och fastighetssektorn.* https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomstallningen/omraden/klimatet-och-bygg--och-fastighetssektorn/

Naturvårdsverket. (2024). *Vad är en cirkulär ekonomi?.* https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/cirkular-ekonomi/vad-ar-en-cirkular-ekonomi/

Olumo, A., & Haas, C. (2024). Building material reuse: An optimization framework for sourcing new and reclaimed building materials [Article]. *Journal of Cleaner Production*, *479*, Article 143892. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.143892

Rashidi, A., Sarvari, H., Chan, D. W. M., Olawumi, T. O., & Edwards, D. J. (2024). A systematic taxonomic review of the application of BIM and digital twins technologies in the construction industry [Article]. *Engineering, Construction and Architectural Management*. https://doi.org/10.1108/ECAM-02-2024-0239

Sung, K. (2023). UNDERSTANDING UPCYCLING AND CIRCULAR ECONOMY AND THEIR INTERRELATIONSHIPS THROUGH LITERATURE REVIEW FOR DESIGN EDUCATION. *Proceedings of the Design Society*, *3*, 3721-3730. https://doi.org/10.1017/pds.2023.373

Sveriges miljömål. (u.å.). *Total miljöpåverkan från bygg- och fastighetssektorn.* https://www.sverigesmiljomal.se/miljomalen/god-bebyggd-miljo/bygg--och-fastighetssektorns-miljopaverkan/

Sweco Sverige AB. (2023). Sweco pilotprojekt: klimatbesparing på 97 procent för återvunnet stål. *Via TT.* https://via.tt.se/pressmeddelande/3356564/sweco-pilotprojekt-klimatbesparing-pa-97-procent-for-atervunnet-stal?publisherId=3236405&lang=sv

Tirado, R., Aublet, A., Laurenceau, S., & Habert, G. (2022). Challenges and Opportunities for Circular Economy Promotion in the Building Sector [Article]. *Sustainability (Switzerland)*, *14*(3), Article 1569. https://doi.org/10.3390/su14031569

Wallenstam. (u.å.). *Kort om oss.* https://www.wallenstam.se/sv/om_oss/om-Wallenstam/om-oss/