

Ett ramverk för utveckling av hållbara
inbyggda system
- med fokus på de tre pelarna för hållbarhet

Författare: Carolin Svensson Tynkkynen & Nicole Karlsson Farias

Kandidatuppsats, 15 HP
Examensarbete i Informatik
Handledare: Olga Serbina
Examinator: Lars Svensson

Förord

Vi vill börja med att tacka vår handledare Olga Serbina för hennes vägledning, feedback och stöd under arbetet med denna uppsats. Dina insiktsfulla synpunkter, din uppmuntran och ditt stöd har varit oerhört givande för oss under arbetet med detta examensarbete.

Vi vill också tacka Knowit för att de gett oss möjligheten att genomföra detta arbete inom deras organisation. Att få utföra vårt examensarbete på en riktig arbetsplats har varit en otroligt värdefull upplevelse. Stödet och samarbetet vi fick från personal var avgörande för att vi skulle kunna samla in den data och information som var nödvändig för denna studie.

Tack också till alla deltagarna från intervjuerna för att ni tagit er tid att svara på våra frågor och dela med er av era erfarenheter och kunskaper. Er medverkan har bidragit till att göra vårt arbete mer komplett och relevant för att hjälpa oss att uppnå våra forskningsmål.

Vi vill också ta tillfället i akt och tacka varandra för vårt samarbete och våra gemensamma ansträngningar för att slutföra detta arbete. Vi har lärt oss mycket från varandra och vårt samarbete har resulterat i en uppsats som vi båda känner oss stolta över. Vi har lagt ner mycket tid och ansträngning på detta arbete och vi hoppas att det ska återspeglas i resultatet.

Vi hoppas att vårt arbete kommer att bidra till att inspirera till ytterligare forskning och utforskning inom detta område.

Trollhättan den 28 april 2023

Nicole Karlsson Farias

Carolin Svensson Tynkkynen

Abstract

This paper presents a framework for the development of sustainable embedded systems based on the three pillars of sustainability - economic, social and environmental aspects. To create the framework, a general literature study and interviews were conducted with employees at various companies and researchers who work in different ways within sustainability. These efforts helped to identify various sustainability practices and tools that can contribute to the development of sustainable embedded systems. The developed framework can serve as guidance for companies that want to develop their embedded systems in a more sustainable way. The recommendations presented can help reduce negative environmental impacts and increase social and economic benefits, which promotes sustainable development. By integrating sustainability practices and tools into the development process of embedded systems, companies can have a positive impact on the environment, promote social benefits and create economic value. Overall, this paper contributes to the ongoing work to achieve sustainability in technology development. The framework presented can serve as a starting point for companies to make positive changes in their development processes and contribute to a more sustainable future.

Keywords: Sustainable embedded systems, Sustainability, Framework, Practice, Tools, Recommendations

Sammanfattning

Denna uppsats presenterar ett ramverk för utveckling av hållbara inbyggda system baserat på de tre pelarna hållbarhet - ekonomiska, sociala och miljömässiga aspekter. För att skapa ramverket genomfördes en allmän litteraturstudie och intervjuer med anställda på olika företag och forskare som på olika sätt arbetar inom hållbarhet. Dessa ansträngningar bidrog till att identifiera olika hållbarhetspraxis och verktyg som kan bidra till utveckling av hållbara inbyggda system. Det framtagna ramverket kan fungera som vägledning för företag som vill utveckla sina inbyggda system på ett mer hållbart sätt. De rekommendationer som presenteras kan bidra till att minska negativa miljöeffekter och öka sociala och ekonomiska fördelar, vilket främjar hållbar utveckling. Genom att integrera hållbarhetspraxis och verktyg i utvecklingsprocessen av inbyggda system kan företag ha en positiv inverkan på miljön, främja sociala fördelar och skapa ekonomiskt värde. Sammantaget bidrar denna uppsats till det pågående arbetet för att uppnå hållbarhet i teknikutveckling. Ramverket som presenteras kan fungera som en utgångspunkt för företag att göra positiva förändringar i sina utvecklingsprocesser och bidra till en mer hållbar framtid.

Nyckelord: Hållbara inbyggda system, Hållbarhet, Ramverk, Praxis, Verktyg, Rekommendationer

Innehållsförteckning

Förord	1
Abstract	2
Sammanfattning	3
Begreppslista	7
1. Introduktion	8
1.1 Inledning	8
1.2 Bakgrund	9
1.2.1 Hållbarhet	10
1.2.2 Triple bottom line	11
1.2.3 Utvecklingen av hållbara inbyggda system	11
1.2.4 Nuvarande tillstånd	12
1.3 Problemformulering	12
1.4 Syfte och frågeställning	13
1.5 Avgränsningar	13
2. Teori	14
2.1 De tre pelarna för hållbarhet	14
2.1.1 Den sociala pelaren	14
2.1.2 Den ekonomiska pelaren	15
2.1.3 Den miljömässiga pelaren	15
2.2 Definition av praxis och verktyg	15
3.1. Praxis för hållbara inbyggda system	16
3.1.1. Energieffektiv design	16
3.1.2. Ekologiska beteenden	18
3.1.3. Livscykeln	18
3.1.4. Optimering av förnybara resurser och källor	19
3.2. Verktyg för hållbara inbyggda system	19
3.2.1. Tekniker, Algoritmer och Heuristiker	19
3.2.2. Molnteknik	22
3.2.5. Green IT	22
3.3. Integrering av praxis och verktyg i ett ramverk	23
4. Metod	24
4.1 Forskningsprocessen	24
4.2 Datainsamling	24
4.2.1 Sekundär datainsamling	25
4.2.2 Primär datainsamling	25
4.3 Metod för analys av data	27
4.3.1 Kvalitet	29
4.4 Etiska principer	31
5. Resultat	34

5.1 Sociala dimensioner	34
5.1.1 Säkerhet	34
5.1.2 Medvetenhet	35
5.1.3 Arbetsstrategier	35
5.1.4 Utbildning	36
5.1.5 Tillgänglighet	37
5.1.6 Design	38
5.1.7 Engagera intressenter	39
5.1.8 Kommunikation	40
5.1.9 Öppen källkod	40
5.1.10 Tillväxttänk	41
5.1.11 Kravställning	41
5.2 Ekonomiska dimensioner	42
5.2.1 Systematiskt hållbarhetsarbete	42
5.2.2 Kostnadshantering	42
5.2.3 Molnbaserade IT system	43
5.2.4 Resursoptimering	43
5.2.5 Utbildning	43
5.3 Miljömässiga dimensioner	44
5.3.1 Resursoptimering	45
5.3.2 Energisystem och elektrifiering	45
5.3.3 Programmeringsspråk och operativsystem	46
5.3.4 Green IT	47
5.3.5 Hållbara tillvägagångssätt	47
5.3.6 Datadrivet tillvägagångssätt	48
5.3.7 Förnybara resurser	48
5.3.8 Energieffektivitet	49
5.3.9 Teknisk flexibilitet	49
5.3.10 Materialval	49
5.3.11 Livscykel	50
5.3.12 Statistiska mätningmetoder	51
6. Analys och diskussion	52
6.1 Praxis och verktyg	52
6.1.1 Teknisk flexibilitet	52
6.1.2 Medvetenhet	53
6.1.3 Energieffektivitet	53
6.1.4 Design	54
6.1.5 Resursoptimering	55
6.1.6 Hållbara tillvägagångssätt	56
6.1.7 Säkerhet	57
6.1.8 Utbildning	58

6.1.9 Förnybara energikällor	59
6.1.10 Molnbaserade IT-system	60
6.1.11 Systematiskt Hållbarhetsarbete	61
6.1.12 Kommunikation	61
6.1.13 Mindre svar kring verktyg	62
6.2 Bidrag	63
6.3 Sustainability-Driven Embedded Systems Framework (SDESF)	64
7. Slutsats	67
8. Begränsningar och framtida forskning	68
9. Referenser	69
10. Bilagor	74

Begreppslista

Nedan presenteras en lista över begrepp och en kort förklaring av deras betydelse. Dessa begrepp används genomgående i uppsatsen och det är viktigt att ha en förståelse för deras innebörd för att kunna följa resonemanget i texten.

Förkortningar:

DVS är en förkortning för Dynamic Voltage Scaling

FN är en förkortning för Förenta Nationerna

SDG är en förkortning för Sustainable Development Goals

SeSLP är en förkortning för Sustainable Embedded Software Lifecycle Planning

TBL är en förkortning för Triple Bottom Line

1. Introduktion

I detta avsnitt introduceras det ämne som den här uppsatsen kommer att behandla, nämligen hållbarhet och inbyggda system. Detta följs upp av ett bakgrundsavsnitt som ger en mer detaljerad genomgång av uppsatsens ämne. Därefter presenteras problemformuleringen, syfte, frågeställningar och avgränsningar av studien. Avslutningsvis redovisas uppsatsens struktur i form av en disposition för att ge en översikt över uppsatsens avsnitt.

1.1 Inledning

Industri 4.0, även känd som den fjärde industriella revolutionen, hänvisar till integrationen och tillämpningen av digital teknik i industrier för att förändra hur tillverkningsindustrin och andra industrier fungerar (Gabriel & Pessl, 2016). Huvudsyftet med industri 4.0 är att utnyttja digital teknik för att öka flexibiliteten och effektiviteten i produktionsprocesser genom att integrera den i olika tillverkningsprocesser och främja kommunikation mellan människor och tillverkningsprocesserna (Gabriel & Pessl, 2016). Inbyggda system är en kritisk komponent i industri 4.0, eftersom de spelar en avgörande roll för att möjliggöra integrationen av digital teknik i tillverkningsprocesser (Ghadge m.fl., 2022). Industri 5.0 är ett relativt nytt koncept som är utvecklat utifrån industri 4.0 (Madhavan m.fl., 2022). Industri 5.0 kompletterar industri 4.0 utifrån ett nytt perspektiv genom hur forskning och innovativa lösningar kan bidra till att stötta industrier till att uppnå målen som finns i samhället för att ta hänsyn till människor och planeten (Xu m.fl., 2021). Till skillnad från industri 4.0 som handlar om hur effektivitet och flexibilitet kan utvecklas i samband med tillverkning av AI-teknologi eller annan digitalisering, handlar industri 5.0 mer om hur sociala och miljömässiga lösningar ska integreras till ny teknik (Xu m.fl., 2021). Därav benämns industri 4.0 som den teknologiska revolutionen medan industri 5.0 benämns som den techno-sociala revolutionen (Madhavan m.fl., 2022).

Hållbar utveckling är en global utmaning som människor står inför (Lupi m.fl., 2022). För att uppnå målen för hållbar utveckling behöver alla samhällsintressenter hjälpa till och det här inkluderar regeringar, icke-statliga organisationer och individer (Lupi m.fl., 2022). Förenta Nationerna (FN) har utvecklat 17 mål för hållbar utveckling som kallas för de hållbara

utvecklingsmålen (SDG) (Lupi m.fl., 2022), och är utdragen utifrån FN:s 2030-agenda (Zangara m.fl., 2022). FN:s 2030-agendan bemöter de problem som behöver uppmärksammas för att åtgärda TBL för hållbarhet (Ranjbari m.fl., 2021). TBL står för människor, planet och vinst och utgår från de tre pelarna för hållbarhet (Zangara m.fl., 2022). Begreppet TBL grundades för att bemöta de utmaningar som företag står inför (Zangara m.fl., 2022), utifrån ett mikroekonomiskt synsätt (Ranjbari m.fl., 2021). Tre pelare för hållbarhet används för att uppnå SDG (Tayyab m.fl., 2022). De tre pelarna för hållbarhet är ett hållbarhetsramverk som kan användas för att förklara hållbarhetsproblem (Lykou, Mentzelioti & Gritzalis, 2018). Ramverket innehåller tre hållbarhetsmål för utveckling och de här är ekonomisk, social, och miljö (Lykou, Mentzelioti & Gritzalis, 2018; Zangara m.fl., 2022).

Det finns ett växande behov av energi när det kommer till att driva bland annat inbyggda system i den digitala infrastrukturen (Verdecchia m.fl., 2021). Grön IT bidrar till lösningar som ska medverka till åtgärder för att minska energiförbrukningen och grön kod visar på hur kod ska tillämpas för att effektivisera organiseringen av mjukvara (Verdecchia m.fl., 2021). Grön IT är ett koncept som har tagits fram för att det ska bli möjligt att utforma bättre alternativ när det kommer till att skapa mjukvarulösningar med hänseende till energiförbrukningen (Taherikhonakdar & Fazlollahtabar, 2023). Det här är viktigt på grund av den negativa påverkan programvara har på miljön (Taherikhonakdar & Fazlollahtabar, 2023). Trots att grön mjukvaruutveckling är ett relevant område idag är det endast en mindre andel utvecklare och användare som tar hänsyn eller vet om hur energiförbrukningen av mjukvara påverkar eller ser ut (Taherikhonakdar & Fazlollahtabar, 2023).

1.2 Bakgrund

Inbyggda system är specialiserade datorsystem integrerade i större system som utför särskilda uppgifter samtidigt som de förhåller sig till bearbetningskrav i realtid (Arvind m.fl., 2022; Duru, Azubogu & Aniedu, 2020). Inbyggda system är elektroniska och uppbyggda av enheter som mikroprocesser och mikrokontroller (Raj, 2022). Inbyggda system utgör en komponent bestående av hårdvara och mjukvara (Arvind m.fl., 2022). Oftast när det kommer till den här typen av datorsystem byggs den in som en del eller som en enhet i en anordning för att ha kontroll över, bevaka, och understödja systemets funktioner (Karmani, 2021).

Inbyggda system finns inom flera områden och några exempel är inom sjukvård, transport eller industriell automation (Duru, Azubogu & Aniedu, 2020). Eftersom inbyggda system är liten i storlek och enkelt kan förflyttas kan de tillämpas för både små datorenheter men även till stora system (Arvind m.fl., 2022). Fördelen med inbyggda system är att det medför låga kostnader vid tillverkningen av dem, de kräver heller inte stora resurser men de är begränsade i kapacitet utifrån sin hårdvara (Arvind m.fl., 2022). Inbyggda system utförs uppgifter på ett effektivt sätt vilket gör att uppgifterna även blir gjorda i god tid (Raj, 2022). I regel är inbyggda system dock begränsade till de beräkningar som kan utföras (Fathurrahman, Bejo & Ardiyanto, 2022).

1.2.1 Hållbarhet

Hållbarhet och hållbar utveckling definieras med betoning på behovet av att balansera ekonomiska, sociala och miljömässiga hänsyn för att uppnå långsiktigt välbefinnande för alla människor, både nu och i framtiden (United Nations, u.å). Definitionen av hållbarhet lyfter att utvecklingen måste vara hållbar för att undvika att naturresurser exploateras eller orsaka skada på miljön, vilket kan ha negativa effekter på framtida generationer (United Nations, u.å). Begreppet hållbarhet lyfter även att utveckling måste vara inkluderande och rättvis, främja socialt välbefinnande och minska ojämlikheter (United Nations, u.å). Slutligen lyfter definitionen vikten av att främja ekonomisk tillväxt och utveckling, samtidigt som man säkerställer att ekonomisk verksamhet bedrivs på ett sätt som är hållbart på lång sikt (United Nations, u.å). United Nations (u.å) definierar hållbarhet och förklarar varför det är viktigt enligt följande:

“Sustainable development has been defined as development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs. Sustainable development calls for concerted efforts towards building an inclusive, sustainable and resilient future for people and planet.” - (United Nations, u.å.)

FN:s definition av hållbarhet ligger till grund för SDG, som utgör ett ramverk för att uppnå hållbar utveckling globalt (United Nations, u.å).

1.2.2 Triple bottom line

TBL bygger på de tre pelarna för hållbarhet och strävar efter att mäta hur ett företag ligger till i förhållande till dessa tre pelarna för social, ekonomisk och ekologisk hållbarhet (Gomes Silva m.fl., 2022). TBL fungerar som en indikator på hur hållbar och lönsam ett företag verkligen är (Gomes Silva m.fl., 2022). När man talar om TBL inom den ekonomiska pelaren är det viktigt att den ekonomiska pelaren även tar hänsyn till de andra två pelarna (Gomes Silva m.fl., 2022).

1.2.3 Utvecklingen av hållbara inbyggda system

Mjukvara utgör idag en viktig del av många människors liv (Taherikhonakdar & Fazlollahtabar, 2023). Den ökade användningen av programvara som datorer, mobila applikationer, inbyggda system och andra elektroniska enheter utgörs av, bidrar till ökad energiförbrukningen och kolproduktionen (Taherikhonakdar & Fazlollahtabar, 2023). Det här har inte bara en negativ påverkan på miljön men även samhället i stort (Taherikhonakdar & Fazlollahtabar, 2023). När mjukvara är utvecklat på ett grönt och hållbart sätt minskar koldioxidproduktionen av mjukvaran vilket i sin tur leder till bättre förutsättningar för miljö och samhälle, kostnader vid utvecklingen- och underhåll av mjukvara minskar även (Taherikhonakdar & Fazlollahtabar, 2023).

1.2.1 Negativa effekter

Mjukvara har en negativ inverkan på miljön (Taherikhonakdar & Fazlollahtabar, 2023). Koden som används för att programmera i mjukvaran körs på flera miljoner processorer samtidigt som den förbrukar en stor mängd energi vilket i sin tur har en negativ påverkan på klimatet världen om (Verdecchia m.fl., 2021). Mjukvaruingenjörer, utvecklare, testare och IT-administratörer behöver medverka för att utveckla lösningar och sina tjänster mer effektiva när det kommer till hur tjänsterna förbrukar energi med hjälp av Grön IT och grön kodning (Verdecchia m.fl., 2021). Det här är framförallt viktigt då rader av kod som utvecklas i dagens samhälle även kommer användas längre fram i tiden (Verdecchia m.fl., 2021). Det här blir även viktigt då användarna av de här tjänsterna förbrukar sådant som finns tillgängligt (Verdecchia m.fl., 2021).

1.2.4 Nuvarande tillstånd

Det är viktigt att mjukvara utvecklas grönare för att det finns ett behov att utvecklare ska möta de krav som finns kring hållbarhet och grön utveckling vilket gör att de ska utveckla mjukvara som är mer energieffektiv och hållbar (Taherikhonakdar & Fazlollahtabar, 2023). Det är heller viktigt att inte bara fokusera på att utveckla energieffektiv hårdvara utan mjukvara också eftersom den kan avgöra vilken energiförbrukning hårdvaran kommer ha (Taherikhonakdar & Fazlollahtabar, 2023).

1.3 Problemformulering

Mjukvara har en viktig funktion i samhället och utvecklas därav ständigt för att möta det behov som finns för IT-användningen av människors vardag och på grund av det här ökar även energiförbrukningen av mjukvaran (Verdecchia m.fl., 2021). Det här ligger till grund för att en tredjedel av den globala energin år 2030 kommer behövas för att driva internet, telekommunikation och inbyggda enheter (Verdecchia m.fl., 2021). Avsikten med inbyggda system är i grunden att förbättra levnadsstandarden för människor som lever i det moderna samhället (Florea, 2017). Inbyggda system används i bland annat smarta enheter, mobiltelefoner och självkörande tåg (Chantem, Guan & Liu, 2019).

I samband med hållbar utveckling av inbyggda system uppstår flera utmaningar, bland annat att reducera energikonsumtionen och samtidigt nå upp till de ekonomiska och sociala kraven (Florea, 2017; Nouri, Trentesaux & Bekrar, 2019). Att utveckla inbyggda system med Grön IT är av ytterst vikt för att minska på de konsekvenser som tekniken har på vår miljö (Florea, 2017). Grön IT är ett koncept som har tagits fram för att det ska bli möjligt att utforma bättre alternativ när det kommer till att skapa mjukvarulösningar med hänseende till energiförbrukningen (Taherikhonakdar & Fazlollahtabar, 2023). Det här är viktigt på grund av den negativa påverkan programvara har på miljön (Taherikhonakdar & Fazlollahtabar, 2023). Trots att grön mjukvaruutveckling är ett aktuellt ämne, är det endast en mindre andel utvecklare som tar hänsyn till hur energiförbrukningen av deras mjukvara påverkar miljön (Taherikhonakdar & Fazlollahtabar, 2023).

1.4 Syfte och frågeställning

Syftet med den här uppsatsen är att skapa ett ramverk som innefattar praxis och verktyg för utveckling av hållbara inbyggda system. Ramverket kommer att omfatta de ekonomiska, sociala och miljömässiga aspekterna av inbyggda system, vilket i sin tur kan användas för att bidra till utvecklingen av rekommendationer. Rekommendationerna kan sedan användas för företag som vill utveckla sina inbyggda system på ett mer hållbart sätt.

Frågeställningarna som uppsatsen syftar till att besvara är följande:

- *Vilka praxis och verktyg bidrar till hållbara inbyggda system utifrån de tre pelarna för hållbarhet?*
- *Hur kan de praxis och verktygen integreras i ett ramverk för att ge rekommendationer för företag som vill utveckla sina inbyggda system på ett mer hållbart sätt?*

1.5 Avgränsningar

Denna uppsats avgränsas till att undersöka hållbarhetsaspekterna inom de tre pelarna för hållbarhet - ekonomiska, sociala och miljömässiga aspekter - inom utvecklingen av inbyggda system. Uppsatsen omfattar inte heller alla delarna av det inbyggda systemets livscykelprocess då processen är omfattande. Den sista avgränsningen innefattar hur fokuset på uppsatsen hamnar mer på mjukvaran än hårdvaran av inbyggda system, även om vissa hållbarhetsaspekter även rör hårdvaran.

2. Teori

I detta avsnitt presenteras den teori som används som teoretisk lins i uppsatsen, vilket är de tre pelarna för hållbarhet.

2.1 De tre pelarna för hållbarhet

Ett vanligt sätt att beskriva "hållbarhet" involverar de tre relaterade pelarna (Purvis, Mao & Robinson, 2019). Begreppet hållbarhet genom de tre pelarna - social, ekonomisk och miljömässig - visualiseras vanligtvis genom skärningspunkten mellan tre cirklar, där fokus ligger på att uppnå hållbarhet som helhet (Purvis, Mao & Robinson, 2019). I denna uppsats används de tre hållbarhetspelarna - de ekonomiska, sociala och miljömässiga aspekterna - som en teori för att utgöra en grundläggande ram för att bedöma hållbarheten i utvecklingen av inbyggda system. Genom att tillämpa denna teori på utvecklingen av inbyggda system, syftar uppsatsen till att identifiera och utforska de hållbarhetsaspekter som är relevanta när det kommer till praxis och verktyg för utvecklingen av hållbara inbyggda system.

För att en hållbar utveckling ska vara möjlig att uppnå, är det ytterst viktigt att dessa tre pelare för social integration, ekonomisk tillväxt och miljöskydd samverkar med varandra och på så sätt kan man uppnå ett välbefinnande som gynnar både samhället och dess individer (United Nations, u.å).

2.1.1 Den sociala pelaren

Den sociala pelaren för hållbarhet handlar om att bidra till en social rättvisa och inkludering genom utvecklingen av humankapital, verktyg för att förbättra människors liv, lagar som stödjer människors behov och utveckling av bättre politik inom områden för utbildning, fritid och trygghet (Gomes Silva m.fl., 2022). Vidare innefattar den sociala dimensionen även samhällets gemenskaper och faktorer som påverkar förtroendet, som social rättvisa, rättvisa, sysselsättning och demokrati (Becker m.fl., 2015).

2.1.2 Den ekonomiska pelaren

Den ekonomiska pelaren för hållbarhet handlar om en utveckling som främjar ekonomisk tillväxt, utveckling och stabilitet samtidigt som man säkerställer en effektiv användning av resurser och minimerar negativa effekter på miljön (Gomes Silva m.fl., 2022). Den ekonomiska dimensionen fokuserar på ekonomiska resurser som tillgångar och kapital, samt på hur man skapar mervärde (Becker m.fl., 2015). Dessa faktorer inkluderar även välståndsskapande, lönsamhet, kapitalinvesteringar och inkomster (Becker m.fl., 2015). Det handlar om att förstå och använda de ekonomiska resurserna på ett effektivt sätt för att öka ekonomisk tillväxt och utveckling (Becker m.fl., 2015).

2.1.3 Den miljömässiga pelaren

Miljöpelaren för hållbarhet handlar om att arbeta med utveckling på ett sätt som främjar bevarandet av naturresurser och ekosystemet genom att minimera föroreningar och miljöförstöring såsom avfall, energiförbrukning och koldioxidutsläpp (Gomes Silva m.fl., 2022). Den miljömässiga dimensionen innefattar hur mänskliga aktiviteter påverkar naturliga system på lång sikt, såsom ekosystem, klimatförändringar, vatten och föroreningar (Becker m.fl., 2015).

2.2 Definition av praxis och verktyg

I denna uppsats har begreppen praxis och verktyg inkluderats. Dessa begrepp har tillämpats genom att utgå från deras formella definitioner samt de definitioner som framkommit från intervjuer och litteraturen. Följande definitioner har använts som utgångspunkt:

Definitionen av praxis kan beskrivas som användningen av kunskap eller tillämpningen av färdigheter (Dictionary.com, u.å.a). I motsats till teori handlar praxis om en konkret handling och utförande av en viss metod eller teknik (Dictionary.com, u.å.a).

Definitionen av verktyg kan beskrivas som något som används för att uppnå ett visst syfte eller utföra en viss uppgift (Dictionary.com, u.å.b).

3. Tidigare forskning

I detta avsnitt presenteras en översikt över tidigare forskning inom utvecklingen av hållbara inbyggda system med vikt på de tre pelarna för hållbarhet. Översikten är uppdelade i två delar: praxis och verktyg, eftersom dessa är de områden som studien kommer att utforska och ta fram.

3.1. Praxis för hållbara inbyggda system

Följande avsnitt innefattar olika verktyg för att utveckla hållbara inbyggda system.

3.1.1. Energieffektiv design

Design för användarupplevelse

Användare påverkar mjukvarukonsumtionen och eftersom de sammanlagt kan vara flera miljoner personer som använder en och samma mjukvara, är det viktigt att designers överväger design av användarupplevelse (UX) för att uppnå hållbarhet (Verdecchia m.fl., 2021). Det bör vara möjligt att tillåta användare göra anpassningar av programvara för att minska energiförbrukningen, som att använda nattläge, filmblockering eller minska upplösningen på filmer (Ebert & Montenbruck, 2022; Verdecchia m.fl., 2021). Att visa programvarans energianvändning med indikatorer som röd, bärnsten eller grön kan skapa medvetenhet och hjälpa användare att hantera energiförbrukningen mer effektivt (Ebert & Montenbruck, 2022; Verdecchia m.fl., 2021). Det är också viktigt att tillhandahålla energibesparande lägen för hårdvara och automatisera processen att försätta oanvända processer i viloläge eller avsluta dem (Verdecchia m.fl., 2021). Att automatisera det här kan ske genom att användarnas användning av mjukvaran analyseras (Verdecchia m.fl., 2021).

Design av mjukvara

För att skapa energieffektiv programvara och infrastrukturer måste designers ta hänsyn till kontextuell information när de fattar designbeslut (Verdecchia m.fl., 2021). Detta innebär planering för både förväntade och oväntade förändringar och att ta hänsyn till olika sektorer, intressenter och system (Verdecchia m.fl., 2021). Designers spelar en stor roll när det gäller

att bestämma miljöpåverkan från deras mjukvara (Verdecchia m.fl., 2021). Inom en snar framtid kommer vi att se stora förändringar i hur applikationer, data och datorresurser fördelas över lokala molnsystem, edge- och fjärrmolnsystem (Verdecchia m.fl., 2021). För att förbereda sig för detta bör designers skapa programvara som är flexibla (Verdecchia m.fl., 2021). Detta kommer att möjliggöra utvecklingen av hållbar mjukvara som drar fördel av energieffektiva metoder som smart datalagring och beräkningsavlastning (Verdecchia m.fl., 2021). Designers bör se till att nya programvaruversioner inte kräver mer datorkraft, lagringsutrymme eller bandbredd än tidigare versioner (Verdecchia m.fl., 2021). De kan göra detta genom att optimera algoritmer och se till att äldre hårdvara fortfarande kan stödja kärnfunktionaliteten i ny programvara (Verdecchia m.fl., 2021).

Komponenter till inbyggda system eller IoT kan utvecklas utifrån bästa praxis för green software (Verdecchia m.fl., 2021). Det här kan vara väldigt viktigt när en stor del av energin förbrukas av hårdvaran (Verdecchia m.fl., 2021). Bästa praxis är att inte utveckla programvara med en always-on funktion, tillämpa effektiva algoritmer, tillämpa pulsanslutningar istället för kontinuerliga anslutningar, och dra ner på kraven när det kommer till precision och lagring (Ebert & Montenbruck, 2022; Verdecchia m.fl., 2021). Dessa metoder sparar inte bara energi, utan förbättrar också cybersäkerheten (Verdecchia m.fl., 2021).

Design av hårdvara

Den begäran som finns för att använda den senaste och snabbaste hårdvaran är dåligt för miljön då det leder till att det skapas mer elavfall och ökad energiförbrukning (Verdecchia m.fl., 2021). Det är viktigt att designa mjukvara på ett sätt som gör att den fungerar även på äldre hårdvaruplattformar, och kan användas under flera års tid (Verdecchia m.fl., 2021).

För att öka potentialen för hårdvaran finns det olika lösningar. När inbyggda designers utvecklar mjukvara för flygplan, fabriker eller uppgraderingsbara enheter såsom Internet of Things (IoT) kan de separera mjukvaran från hårdvaran (Verdecchia m.fl., 2021). Det är även möjligt att lägga till funktioner, fixa misstag och utöka säkerheten med uppdateringar utan att behöva ny hårdvara för att göra det (Verdecchia m.fl., 2021).

3.1.2. Ekologiska beteenden

Omvandling

När det kommer till det ekologiska beteendet visar författarna på flera möjliga åtgärder. Författarna tar upp ekologisk omvandling som innefattar tillämpningen av mer miljövänliga metoder (Verdecchia m.fl., 2021). Ekologisk omvandling har blivit populärt hos företag (Verdecchia m.fl., 2021). Företag kommer behöva anpassa sina beteenden till mer ekologiska för att möta den konkurrensen som finns på marknaden (Verdecchia m.fl., 2021). Beteenden är viktiga för övergången till en mer miljövänlig värld (Verdecchia m.fl., 2021). För att bidra till en ekologisk omvandling bör hållbara metoder tillämpas (Verdecchia m.fl., 2021). Bland annat innefattar lösningen hur det genom att kommunicera om vilken påverkan på miljön som människor har när det kommer till deras användning av den digitala infrastrukturen blir människor även mer medvetna (Verdecchia m.fl., 2021).

Utbildning

Utbildnings- och träningsprogram bör också tillhandahållas för att utrusta nya och befintliga arbetstagare med nödvändiga kunskaper och färdigheter (Verdecchia m.fl., 2021).

3.1.3. Livscykeln

Design av livscykel

Produktens livscykel bör beaktas i designfasen för att säkerställa att miljöpåverkan minimeras under produktens hela livscykel (Chantem, Guan & Liu, 2019). Produkten bör även utformas för enkel demontering och återvinning (Chantem, Guan & Liu, 2019). Valet av material bör ta hänsyn till deras miljöpåverkan och material med lägst miljöpåverkan bör väljas (Chantem, Guan & Liu, 2019).

Livscykelplanering

Lee m.fl. (2012) beskriver en metodik för produktlivscykelplanering för adaptiv övergång till alternativ för design av hårdvara och mjukvara, som tar hänsyn till marknadsförhållanden tidigt i utvecklingsfasen med metodiken SeSLP (Lee m.fl., 2012).

Processen består av fyra steg. Det första steget av processen är att identifiera komponenter och kandidater (Lee m.fl., 2012). Det andra steget av processen är att ta fram alternativ för produktdesign genom att koppla samman olika kandidatkomponenter (Lee m.fl., 2012). Det tredje steget innebär att skapa övergångsplaner baserat på designalternativen som togs fram i det andra steget av processen (Lee m.fl., 2012). I det fjärde och sista steget av processen är målet att identifiera det produktdesignalternativ som kommer att resultera i högsta möjliga vinst (Lee m.fl., 2012).

Livscykelns slut

I en studie utförd av Fofou, Jiang och Wang (2021) framgår hur återtillverkning är ett hållbart sätt för en produkt i slutet av dess livscykel att främja den cirkulära ekonomin. Studien tar upp olika livscykelstrategier som på olika sätt bidrar till återtillverkning, såsom design för återtillverkning (DfRem), återstående livslängd (RUL), produktservicesystem (PSS), slutna kretsförsörjningskedja (CLSC), smart återtillverkning, EoL-produktinsamling och omvänd logistik (RL) (Fofou, Jiang & Wang, 2021).

3.1.4. Optimering av förnybara resurser och källor

Förnybara källor

En tillfällig lösning för att bemöta behovet av energi i den digitala infrastrukturen är genom att använda förnybara energikällor som sol-, vind- eller vattenkraft (Verdecchia m.fl., 2021).

Resursoptimering

Hållbara inbyggda system bör utformas för att minimera förbrukningen av icke-förnybara resurser som vatten, mineraler och fossila bränslen (Chantem, Guan & Liu, 2019).

3.2. Verktyg för hållbara inbyggda system

Följande avsnitt innefattar olika verktyg för att utveckla hållbara inbyggda system.

3.2.1. Tekniker, Algoritmer och Heuristiker

DVS

Det finns flera DVS-tekniker som används för att förbättra energieffektiviteten i både inbyggda system men även distribuerade system (Niu m.fl., 2014). DVS är en teknik som gör att inbyggda enheter kan justera CPU-spänningar till valbara nivåer dynamiskt, för att således åstadkomma hög energieffektivitet (Niu m.fl., 2014).

Kodoptimering

Huang och Tsao (2011) föreslår en teknik för att optimera energiförbrukningen för inbyggda system med cache- och scratchpad-minne (SPM) genom att använda kodompositionering och SPM-kodvalstekniker. Författarna föreslår att man använder både cache och SPM i instruktionsminneshierarkin för inbyggda system för att förbättra deras prestanda och energieffektivitet (Huang & Tsao, 2011). Utöver det introducerade författarna ett nytt tillvägagångssätt som kallas Tabu-sökning, vilket är en typ av optimeringsteknik (Huang & Tsao, 2011). Författarna jämför också energiförbrukningen för instruktionshämtningar med hjälp av olika kodlayoutscheman. (Huang & Tsao, 2011). Att tillämpa både kodompositionering och SPM-kodvalstekniker kan spara upp till 55 % mer energi (Huang & Tsao, 2011). Resultat visade även på att användning av både kodompositionering och SPM-kodvalstekniker för att bestämma layout gav bättre resultat än att endast använda SPM-kodvalstekniken (Huang & Tsao, 2011). De föreslagna metoderna hjälper till att minimera energiförbrukningen genom att minska kostsamma cachemissar, vilket leder till förbättrad prestanda (Huang & Tsao, 2011).

Algoritmer

Tidigare forskning har fokuserat på inbyggda system där tiden det tar att utföra vissa uppgifter kan variera på grund av olika input och villkor (Niu m.fl., 2014). För att minimera energiförbrukning samtidigt som prestandakrav och tidsgränser uppfylls, har forskare föreslagit statistiska schemalägningsalgoritmer baserade på sämsta eller genomsnittliga exekveringstider för vardera uppgift (Niu m.fl., 2014).

Forskare har tidigare tagit fram en dynamisk programmeringsalgoritm för att hitta den bästa lösningen för en grupp periodiska realtidsuppgifter i ett enprocessorsystem med begränsade spänningsalternativ (Niu m.fl., 2014). För system med flera processorer utvecklades tekniker

för att schemalägga uppgifter som går snabbare än förväntat, så att de återstående uppgifterna kan köras med lägre spänningar och spara energi (Niu m.fl., 2014). Dessa tekniker är användbara för både självständiga och beroende uppgifter (Niu m.fl., 2014).

Tidigare forskning har även tagit upp utvecklingen av teknik för att schemalägga uppgifter på flerkärniga processorer som är beroende av varandra på ett acykliskt sätt (Niu m.fl., 2014). Det här utspelades genom att forskarna genererade en initial schema med hjälp av en schemalägningsalgoritm utan att ta hänsyn till energibegränsningar, och sedan ökade spänningen för de mer viktigare uppgifterna samtidigt som de säkerställde att energibegränsningarna inte överskreds (Niu m.fl., 2014).

Forskarna har även tittat på hur man använder oanvänd tid i inbyggda system när uppgifter slutförs tidigare än beräknat (Niu m.fl., 2014). Forskarna till den här studien föreslog en schemalägningsalgoritm som dynamiskt tilldelade uppgifter till processorer och väljer ut i vilken ordning uppgifterna ska exekveras på varje processor (Niu m.fl., 2014). Algoritmen allokerar därefter all den outnyttjade tiden till kvarvarande uppgifterna för att förbättra energieffektiviteten och på samma gång bemöta de tidsbegränsningar som finns (Niu m.fl., 2014).

Niu m.fl. (2014, s.2044) presenterar en algoritm, kallad LSR, som syftar till att ge en energieffektiv schemaläggning för inbyggda system som stödjer DVS (Niu m.fl., 2014). Algoritmen består av tre steg: effektiv processor tilldelning, spännings tilldelning baserad på en probabilistisk strategi och lokal sökning med omstart (Niu m.fl., 2014). Författarna talar om att deras tillvägagångssätt kan utveckla nära-optimala lösningar som ska medföra att den totala kostnaden minskar för mjuka realtidsprogram medan de uppfyller tidsbegränsningarna (Niu m.fl., 2014).

Författarna tar även fram algoritmer för att bemöta problemet som finns kring variabelspänningsschemaläggning av aperiodiska uppgifter med företrädesbegränsningar (Niu m.fl., 2014). Det här utförs med användningen av en probabilistisk metod, inriktade på inbyggda system som har begränsade resurser (Niu m.fl., 2014). Tillvägagångssättet förändrar

energieffektiviteten till det bättre för inbyggda system, ger användarna fler valmöjligheter för att uppnå energieffektivitet och möter tidsbegränsningarna (Niu m.fl., 2014).

Som mjukvarudesigner är det viktigt att optimera algoritmer så att nya programversioner inte kräver mer datorkraft, hårddiskutrymme eller bandbredd än tidigare versioner (Ebert & Montenbruck, 2022). Ett sätt att uppnå det här är att säkerställa att den tidigare kärnfunktionaliteten förblir tillgänglig på äldre hårdvara (Ebert & Montenbruck, 2022).

Heuristiker

Forskning har även gjorts kring acykliska uppgifter (Niu m.fl., 2014). En heuristisk schemaläggningsmetod kan ta hänsyn till energiförbrukningen samtidigt som den strävar efter en balans mellan schemakvalitet och energianvändning (Niu m.fl., 2014).

3.2.2. Molnteknik

Tidigare forskning visar att en övergång till molnet kan minska energiförbrukningen (Verdecchia m.fl., 2021). Det här beror på att molntjänster är mer energieffektivare än lokala datacenter på grund av deras skalbarhet och minskade omkostnader (Verdecchia m.fl., 2021). Med molnbaserade och serverlösa applikationer blir det även möjligt att få tillgång till resurser efter behov och därmed utnyttja energieffektiviseringar i stora datacenter (Verdecchia m.fl., 2021). Övergången sker genom att flytta över lokalt baserade datafunktioner, beräkningsfunktioner och mjukvarufunktioner till molnet (Verdecchia m.fl., 2021). Att flytta till molnet kräver således en stor omarkitektur för att se till att en effektiv och hållbar implementering sker (Verdecchia m.fl., 2021). För att göra molnet mer energieffektivt måste utvecklare även skapa strategier för att mäta, övervaka och visualisera energianvändningen för sin programvara (Verdecchia m.fl., 2021). Detta inkluderar mätning av energiförbrukningen på alla nivåer, såsom datorresurser (CPUs/GPUs), datatrafik och molnbaserade tjänster till hela system (Verdecchia m.fl., 2021).

3.2.5. Green IT

Green IT och Green Code är lösningar för att minska på energiförbrukningen när det kommer till IT-system och mjukvarusystem (Verdecchia m.fl., 2021). Green Code fokuserar på hur

mjukvara kan organiseras på ett effektivt sätt och green IT innefattar olika lösningar för att minska på energiförbrukningen och främja hållbarhet (Verdecchia m.fl., 2021).

3.3. Integrering av praxis och verktyg i ett ramverk

För att skapa ett ramverk för hållbara inbyggda system kommer Greensoft-modellen att användas som en referensmodell. GREENSOFT-modellen är ett ramverk för att utveckla miljövänlig och hållbar mjukvara som tar itu med två huvudutmaningar: att minska energi- och resursförbrukningen inom området informations- och kommunikationsteknologi (IKT) samtidigt som man använder IKT för att främja hållbar utveckling (Naumann m.fl., 2011). Greensoft-modellen ger ett heltäckande tillvägagångssätt som täcker de ekonomiska, sociala och miljömässiga dimensionerna av hållbarhet (Naumann m.fl., 2011). Den innehåller olika hållbarhetsstandarder och mätningar, metoder och ramverk, samt rekommendationer och verktyg som vänder sig till olika intressenter som är involverade i mjukvaruutveckling, upphandling, förvaltning och användning (Naumann m.fl., 2011). Greensoft-modellen har använts som en guide för att identifiera relevanta praxis och verktyg som bidrar till utveckling av hållbara inbyggda system.

Ramverket för hållbara inbyggda system kommer att omfatta tre faser som kommer att bestå av sociala, ekonomiska och miljömässiga dimensioner. Greensoft-modellen kommer att användas som en guide för att identifiera bästa praxis och verktyg för att integrera dessa i ramverket. Den första fasen kommer att fokusera på sociala frågor, den andra fasen kommer att betona ekonomiska frågor och den tredje och sista fasen kommer att rikta sig mot miljöfrågor.

Sammantaget, genom att använda Greensoft-modellen som grund för vårt ramverk, kommer uppsatsen tillhandahålla ett heltäckande och strukturerat tillvägagångssätt för hållbar utveckling av inbyggda system som täcker de tre pelarna för hållbarhet. Uppsatsens ramverk kommer bidra till att rekommendationer kan förmedlas för företag som vill utveckla sina inbyggda system på ett mer hållbart sätt, hjälpa dem att minska sin miljöpåverkan, öka socialt ansvar och uppnå ekonomisk hållbarhet.

4. Metod

I detta avsnitt introduceras forskningsprocessen, inklusive datainsamlingsmetoder och analysteknik. Dessutom diskuteras kvaliteten på uppsatsen och de etiska överväganden som har tagits i beaktning under genomförandet av intervjuerna.

4.1 Forskningsprocessen

Denna kandidatuppsats genomgick en forskningsprocess bestående av fyra huvudsteg. Det första steget var att formulera forskningsämnet och frågorna i samråd med det aktuella konsultföretaget som denna uppsats arbetar med. Allt eftersom forskningen fortskred och mer information samlades in utvecklades och förfinades forskningsfrågorna. I det andra steget utfördes en omfattande litteratursökning för att skapa förståelse kring utvecklingen av hållbara inbyggda system och hur dessa metoder kan integreras i ett ramverk. Från litteratursökningen identifierades olika teman som inkluderade olika praxis och verktyg men även förslag på hur ett ramverk kan struktureras upp. I det tredje steget samlades data in genom semistrukturerade intervjuer med anställda i olika roller på olika företag som arbetar med hållbarhet och inbyggda system, samt forskare med kunskap om hållbarhet och inbyggda system. Intervjuerna analyserades med tematisk analys. I det fjärde steget av forskningsprocessen utvecklades ett ramverk genom att jämföra uppsatsens resultat med teman som identifierades i litteratursökningen. Slutligen besvarades forskningsfrågorna och en slutsats drogs.

4.2 Datainsamling

Datainsamlingen för denna kandidatuppsats omfattade både sekundära och primära källor. De sekundära källorna bestod av artiklar som granskades genom en litteratursökning. De primära källorna inkluderade semistrukturerade intervjuer med anställda med olika roller på olika företag som arbetar med hållbarhet, samt forskare med kunskap om hållbarhet och inbyggda system.

4.2.1 Sekundär datainsamling

Den sekundära datainsamlingen utfördes med en litteratursökning. Litteraturgranskningen är en viktig komponent i en uppsats eftersom den ger en omfattande sammanfattning och kritisk utvärdering av den befintliga litteraturen om ämnet som uppsatsen behandlar (Backman, 2016). En litteratursökning genomfördes för att identifiera relevant information om praxis och verktyg som är viktiga för att utveckla hållbara inbyggda system, särskilt med fokus på ekonomiska, sociala och miljömässiga aspekter. Sökningen syftade även till att identifiera hur dessa praxis och verktyg kan integreras i ett ramverk för att ge rekommendationer till företag som vill utveckla sina inbyggda system på ett hållbart sätt.

Sökandet efter relevant information gjordes med hjälp av tre databaser, nämligen *Scopus*, *Google Scholar* och *Business Source Ultimate*, med uppsatsens frågor som utgångspunkt. Artiklar från olika fält undersöktes, eftersom forskningsämnen inom informationsvetenskap (IS) är tvärvetenskapliga (Walsham, 2012). Artiklar valdes ut baserat på inkluderings- och exkluderingskriterier, som inkluderade nyckelord relaterade till hållbarhet och inbyggda system. För att säkerställa att artiklarna hade den struktur som är typisk för vetenskapliga artiklar, granskades artiklarnas struktur noggrant. Efter att ha genomfört sökningarna och granskat artiklarnas titlar, abstrakter, introduktion och slutsatser valdes en undergrupp av relevanta artiklar ut. Det slutliga urvalet gjordes genom en noggrann läsning av artiklarna för att säkerställa högkvalitativt och relevant innehåll.

Genom denna litteratursökning har praxis och verktyg identifierats för att utveckla hållbara inbyggda system, samt hur dessa kan integreras i ett ramverk för att ge rekommendationer till företag som vill utveckla sina inbyggda system på ett mer hållbart sätt.

4.2.2 Primär datainsamling

Den primära datainsamlingen för denna studie bestod av semistrukturerade intervjuer med totalt sju deltagare, vilket inkluderade anställda från olika företag och forskare (se Tabell 1). Sju respondenter ansågs tillräckliga för att samla in nödvändig information för det här arbetet eftersom intervjuerna gav omfattande information om olika aspekter. Syftet med intervjuer är

att samla respondenternas åsikter och föreställningar om en specifik fråga (Denscombe, 2018), i det här studien är det med fokus på hållbarhet och inbyggda system.

NR	Respondent	Datum	Varaktighet	Roll	Intervjuguide
1	A	2023-03-23	36 min	Forskare	B
2	B	2023-03-24	31 min	Projektledare	D
3	C	2023-03-24	31 min	Ingenjör	D
4	D	2023-03-28	47 min	Projektledare	A
5	E	2023-03-31	35 min	Forskare	B
6	F	2023-04-18	40 min	Utvecklare	C
7	G	2023-04-18	40 min	Utvecklare	C

Tabell 1 - Översikt över respondenter

Semistrukturerade intervjuer är lämpliga att använda som metod för datainsamling, på grund av deras flexibilitet och förmåga att samla information om respondenternas åsikter, uppfattningar och erfarenheter (Denscombe, 2018), särskilt för att söka insikt i komplexa frågor eller specifik kunskap som innehas av vissa individer (Denscombe, 2018). Denna intervjustil möjliggör att förutbestämda frågor kan användas som utgångspunkt, men ger också forskaren friheten att förändra eller utveckla frågorna under intervjun (Denscombe, 2018). Respondenterna ges också möjlighet att utveckla sina svar och forskaren kan ställa följdfrågor utifrån respondenternas svar (Denscombe, 2018).

Företagsanställda på tre företag i Sverige och forskare valdes ut för intervjuer baserat på deras roll, kompetens och erfarenheter relaterade till utveckling av hållbara inbyggda system. Intervjuerna syftade till att utforska hur inbyggda system utvecklas, vilka verktyg som används för hållbar utveckling och vilka utmaningar som uppstår under processen. Intervjuerna genomfördes på distans med hjälp av digitala videokommunikationsverktyg som Microsoft Teams och Zoom, och genomfördes på antingen svenska eller engelska beroende på respondenten. Med Microsoft Teams kunde intervjuerna spelas in och transkriberas

automatiskt vilket underlättade analysen av den. Inspelningen och transkriberingen utfördes efter att deltagarna bekräftat godkännande för det.

Fyra intervjuguider utformades utifrån varaktighet och vilken roll som ska intervjuas, eftersom olika roller kan ha olika erfarenheter och färdigheter. Både personliga intervjuer och gruppintervjuer genomfördes, där majoriteten av intervjuerna var personliga och två intervjuer genomfördes som en gruppintervju. Gruppintervjuer är en metod som ger ökad insikt i olika synpunkter och åsikter om en frågeställning, och för att möjliggöra att flera respondenter intervjuas samtidigt, vilket ger forskaren svar som representerar grupperns åsikter (Denscombe, 2018).

Utifrån intervjuerna identifierades och diskuterades olika praxis och verktyg som kan bidra till utvecklingen av hållbara inbyggda system. Studien syftade till att få en mer heltäckande förståelse för hållbarhet och inbyggda system genom att intervju individer med olika synpunkter och erfarenheter. Deltagarna informerades om att de deltog i ett forskningsprojekt och bekräftade sitt samtycke till att delta i forskningen, med de etiska principerna i uppsatsen som beskrivs under avsnitt "4.4. Etik". Slutligen bör det noteras att antalet respondenter påverkar studiens resultat och slutsats, och denna faktor har tagits med i studien vilket har framförts under avsnitt "8. Begränsningar och framtida forskning".

4.3 Metod för analys av data

En del av intervjuerna transkriberades automatiskt med hjälp av Microsoft Teams. Resterande intervjuer transkriberades utifrån det inspelade materialet. Det transkriberade materialet analyserades sedan med tillämpningen av tematisk analys utifrån "de sex faserna" i Braun och Clarke (2006). De sex faserna i den tematiska analysen är: Bekanta sig med datainsamlingen, skapa initiala koder, identifiera teman, utvärdera teman, definiera och namnge teman, sammanställ resultat (Braun & Clarke, 2006). Tematisk analys är en kvalitativ forskningsmetod som används för att identifiera, analysera och rapportera mönster (teman) i data (Denscombe, 2018). Ett tema är viktig information som bidrar till att skapa en bättre förståelse av datan och är relaterad till forskningsfrågan (Braun & Clarke, 2006). Resultatet av den tematiska analysen resulterade i olika teman. Dessa teman organiseras och tolkas

sedan för att ge insikt i forskningsfrågan eller fenomenet som undersöks (Denscombe, 2018). Följande tabell ger en överblick över de sex faserna av den tematiska analysen i enlighet med Braun & Clarke (2006).

Fas	Namn	Beskrivning
1	Att bekanta sig med data	Forskaren bekantar sig med data och börjar identifiera mönster, initiala koder och potentiella teman (Braun & Clarke, 2006). Det innebär att transkribera data, läsa igenom data flera gånger och göra anteckningar (Braun & Clarke, 2006).
2	Skapa initiala koder	Involverar kodning av data systematiskt, segmentering av data i meningsfulla delar och tilldelning av etiketter (koder) till dem (Braun & Clarke, 2006).
3	Identifiera teman	Forskaren identifierar mönster över koderna och börjar gruppera dem i potentiella teman (Braun & Clarke, 2006). Teman ska vara sammanhängande och meningsfulla, och de ska fånga något viktigt med datan (Braun & Clarke, 2006).
4	Granska teman	Se över teman och se till att de är distinkta, tydliga och sammanhängande (Braun & Clarke, 2006). Forskaren kontrollerar att teman täcker all relevant data och att de stöds av data (Braun & Clarke, 2006).
5	Definiera och namnge teman	Forskaren definierar och beskriver teman i detalj (Braun & Clarke, 2006).
6	Ställa samman resultat	Forskaren skriver analysen, inklusive en beskrivning av forskningsfrågan, metodiken och resultaten (Braun & Clarke, 2006). Forskaren bör ge en tydlig och koncis sammanfattning av varje tema, tillsammans med illustrativa citat från data, och diskutera konsekvenserna av resultaten (Braun & Clarke, 2006).

Tabell 2 - De sex faserna i den tematiska analysen

För att underlätta inför första fasen användes Microsoft Teams för att genomföra intervjuer. Microsoft Teams har ett verktyg som transkriberar i realtid, under tiden som intervjuerna sker, vilket underlättade arbetet under första fasen. Datan lästes igenom och således kunde potentiella mönster identifieras och antecknas.

Vid fas två började analysarbetet av den insamlade datan, där med hjälp av tidigare anteckningar, kunde initiala koder skapas som är relevanta till uppsatsens syfte och frågeställning. Koderna relaterade till praxis och verktyg för hållbar utveckling av inbyggda system.

Inför fas tre grupperades koderna till mer omfattande teman som motsvarade den inriktning som uppsatsen har. De tre teman som skapades representerade sociala, ekonomiska och miljömässiga praxis och verktyg, och tilldelades en färg för att lättare kunna sorteras in i rätt tema.

Vid den fjärde fasen tolkades resultatet av koderna och teman för att identifiera mönster och sambanden mellan dem visualiserades datan med hjälp av mindmapping. För att validera och skapa en tillförlitlig analys kontrollerades teman mot både data och forskningsfrågor.

Vid femte fasen ges varje tema en tydlig definition och beskrivning (Braun & Clarke, 2006). För att visa på vad varje tema representerar och hur dessa teman relaterade till uppsatsens frågeställningar definierades de. Beskrivningen av teman utfördes genom att dels undersöka den data som ligger till grund för temat men även genom att se över vilken betydelse de har till frågeställningarna.

Vid den sjätte fasen sammanställdes resultaten av den tematiska analysen. Konkret undersöktes hur varje tema kunde bidra till utveckling av hållbara inbyggda system. Med hjälp av det här kunde ett ramverk utvecklas som inkluderade praxis och verktyg för utveckling av hållbara inbyggda system.

4.3.1 Kvalitet

För att visa på kvaliteten av uppsatsen används följande kriterier. Kriterierna trovärdighet, överförbarhet, pålitlighet och bekräftbarhet kan användas för att fastställa tillförlitligheten och giltigheten av forskningsresultaten (Nowell m.fl., 2017).

Data kan tolkas på olika sätt, eftersom människor har olika perspektiv på saker och ting (Backman, 2016). För att uppnå trovärdighet bör forskare se till att deras resultat stämmer överens med deltagarnas åsikter (Nowell m.fl., 2017). Därför är det viktigt att förklara hur data i den här uppsatsen tolkades för att säkerställa dess trovärdighet. En konsekvent struktur användes för att granska data, vilket bidrog till skapandet av en transparent och väldokumenterad analysprocess. För att ytterligare öka trovärdigheten kan en medlemskontroll utföras där medlemmen ser över hur resultaten stämmer överens med de tolkningar som deltagaren har givit (Nowell m.fl., 2017). Åtgärder vidtogs därmed för att minimera fel och fördomar genom att båda noggrant granskade datan och dubbelkontrollerade resultaten.

Bekräftelsebarhet handlar om att avgöra om forskarens tolkningar och resultat är baserade på den insamlade datan och inte är partiska av personlig övertygelse eller åsikter (Nowell m.fl., 2017). För att fastställa bekräftelsebarhet måste forskaren därmed förklara hur de kommit fram till sina slutsatser och säkerställa att de överensstämmer med datan (Nowell m.fl., 2017). För att säkerställa bekräftelsebarhet av resultaten, dokumenterades dataanalysprocessen detaljerat och ett systematiskt tillvägagångssätt tillämpades för att minimera risken för personliga fördomar eller subjektiva tolkningar. För att säkerställa att resultatet går att lita på och representerar en korrekt och opartisk tolkning av data, tolkade båda författarna data av den här uppsatsen och jämförde sedan om det fanns några skillnader i tolkningarna. Då det inte fanns några skillnader kunde det konstateras att en korrekt tolkning har givits.

Överförbarhet i kvalitativ forskning avser i vilken utsträckning resultaten av en studie kan tillämpas på andra fall utanför studiens specifika sammanhang (Nowell m.fl., 2017). För att förbättra överförbarheten av resultaten beskrevs sammanhanget och egenskaperna hos informanterna. Forskare kan förbättra överföringsbarheten genom att tillhandahålla detaljerade beskrivningar av deras forskningskontext, metoder och resultat för att göra det möjligt för läsare att bedöma relevansen och tillämpbarheten av resultaten för sina egna situationer (Nowell m.fl., 2017). Vi gav en detaljerad beskrivning av dataanalysprocessen utfördes, inklusive de steg vi tog för att tolka data, gavs, vilket kan hjälpa andra forskare att förstå och potentiellt replikera vår studie i liknande miljöer eller med liknande populationer.

Detta ökar sannolikheten för att våra resultat kommer att vara tillämpliga i andra sammanhang utanför vår studies omedelbara omfattning.

Pålitlighet i forskning avser förmågan att säkerställa att forskningsprocessen är konsekvent, tillförlitlig och väldokumenterad (Nowell m.fl., 2017). Detta kan uppnås genom att göra forskningsprocessen transparent och lätt spårbar. Att granska forskningsprocessen är ett sätt att visa pålitlighet (Nowell m.fl., 2017). När forskningsprocessen är tydlig och väldokumenterad kan läsarna bättre bedöma forskningens pålitlighet (Nowell m.fl., 2017). En detaljerad beskrivning av forskningsprocessen utfördes, så att andra kan förstå och potentiellt använda den i liknande situationer.

4.4 Etiska principer

För den här uppsatsen har utgångspunkten varit de fyra etiska forskningsprinciperna. Det här har förelegat under både datainsamlingsfasen och vid genomförande av intervjuer med deltagarna.

Princip 1: Deltagarnas intressen ska skyddas (Denscombe, 2018)

Respondenterna, som deltar i forskningen, ska inte lida någon fysisk, psykisk eller personlig skada genom sitt deltagande (Denscombe, 2018). Forskarna har en skyldighet att informera respondenterna kring sannolika konsekvenser men forskarna har även en skyldighet att skydda respondenterna så ingen skada sker (Denscombe, 2018). Personlig skada innebär att inte avslöja någon personlig information eller annan information som kan medföra ekonomiska förluster för respondenten (Denscombe, 2018). Respondenterna måste behandlas på ett rättvist och lika sätt, vilket innebär att forskare inte får inkludera eller exkludera respondenter på grund av orsaker som är irrelevanta eller orättvisa (Denscombe, 2018).

Den första principen upprätthåldes genom att spela in och transkribera intervjuer med hjälp av Microsoft Teams, upprätthålla konfidentialitet för personlig information och säkerställa att respondenterna inte utsattes för fysisk, psykisk eller personlig skada. Ingen respondent var orättvist exkluderad eller inkluderad i studien.

Princip 2: Deltagandet ska vara frivilligt och baseras på informerat samtycke (Denscombe, 2018)

Deltagande måste alltid vara frivilligt och människor får aldrig tvingas att delta i en forskningsundersökning (Denscombe, 2018). Respondenterna måste ha tillgång till tydlig information kring forskningen för att kunna göra en välbetänkt bedömning kring huruvida de vill delta eller inte (Denscombe, 2018). Förutom detta behöver även samtycket finnas skriftligt, vilket ska fungera som en formell dokumentation som ska skydda både forskaren och respondenten (Denscombe, 2018).

Den andra principen iaktogs genom att deltagarna informerades om studiens syfte, hur intervjuerna genomfördes, val av databehandlingsmetoder (inspelning och transkribering) och hanteringen av personuppgifter. Respondenterna informerades om att deltagandet var frivilligt och de hade rätt att dra sig ur studien oavsett tidpunkt. Skriftligt samtycke erhöles genom e-postkorrespondens, som också betonade sekretessen.

Princip 3: Forskare ska arbeta på ett öppet och ärligt sätt med hänsyn till undersökningen (Denscombe, 2018)

Forskare måste arbeta på ett öppet och ärligt sätt, vilket innebär att forskarna måste vara transparenta med studiens syfte, den datainsamling som sker, respondenterna roll i studien samt presentera sig som forskare (Denscombe, 2018). Forskare förväntas även arbeta med "vetenskaplig integritet", vilket betyder att forskare förväntas hålla en professionell standard och ärlighet vid hanteringen av insamlad data och eventuell kontakt med andra forskare (Denscombe, 2018).

Den tredje principen tillämpades genom att vara transparent om studiens syfte och skälen bakom intervjuerna. Det här hjälpte deltagarna att förstå forskarnas avsikter och identitet.

Princip 4: Forskningen ska följa den nationella lagstiftningen (Denscombe, 2018)

Forskare måste följa den nationella lagstiftningen och får inte ställa sig varken över lagen eller utanför lagen (Denscombe, 2018). Att följa den nationella lagstiftningen innebär att undvika undersökningar som berör känsliga ämnen som kan medföra att datainsamlingen kan

ske på ett sätt som bryter mot lagen (Denscombe, 2018). Det innebär även att forskare måste vidta åtgärder för att säkerställa att insamlad data förvaras på ett säkert sätt samt att forskare måste överväga frågor kring äganderätt, immateriella rättigheter och upphovsrätt (Denscombe, 2018).

Den fjärde principen iaktogs genom att följa nationell lagstiftning, som säkerställer att känsliga frågor inte studerades, och inga namn eller information som kunde identifiera intervjupersoner nämndes.

5. Resultat

I detta avsnitt presenteras resultaten från intervjuerna som har kategoriserats enligt respektive hållbarhetspelare. Inom varje dimension beskrivs olika praxis och verktyg som identifierats. Dessutom presenteras det ramverk som har utvecklats baserat på både tidigare forskning och insamlad data från intervjuerna.

5.1 Sociala dimensioner

Resultaten från denna uppsats avslöjar följande teman som klassificeras som praxis för den sociala dimensionen: Säkerhet, Medvetenhet, Arbetsstrategier, Tillgänglighet, Design, Engagera intressenter, Kommunikation, Öppen källkod, Tillväxttänk och Kravställning.

Följande tema klassificeras som både praxis och verktyg för den sociala dimensionen: Utbildning.

5.1.1 Säkerhet

Enligt resultaten av denna studie är datasäkerhet en viktig faktor för att upprätthålla social hållbarhet i inbyggda system. Respondent E betonade betydelsen av datasäkerhet och dess roll för att säkerställa att insamlad data är korrekt och autentisk samt förhindra spridning av information i fel riktning. Respondent E sa:

“När det gäller social hållbarhet, då skulle jag nog lyfta fram datasäkerhet som en viktig del i det. Delvis att man måste kunna lita på att insamlade datat, om det nu är frågan om sensor och så vidare, att det är korrekt och autentiskt. Och även att man inte sprider information i fel riktning, så att informationen ska ju kunna antingen anonymiseras eller hållas åtminstone inom ramen för det system som sensorn eller applikationen definierar.” - Respondent E

Enligt respondent E är datasäkerhet en grundläggande praxis och verktyg som är nödvändigt för att säkerställa social hållbarhet i byggda system. Dessutom betonade respondenten vikten av att mjukvara är socialt accepterbar för att den ska vara användbar. Respondent E sa:

“Hur utvecklar vi mjukvara för att de ska bli delvis socialt accepterbara så att de är säkra och tillförlitliga.” - Respondent E

5.1.2 Medvetenhet

Resultatet från denna studie visar att det finns ett behov av att skapa en större medvetenhet och förståelse för IT-branschens påverkan på miljön. Respondent D nämner hur ökad medvetenhet och en kultur som inkluderar dessa frågor för att motverka detta formar en strategi för detta:

“Inom IT och hållbarhet så är det fortfarande en brist på awareness. Alltså man drar inte kopplingen att IT, både mjukvara och hårdvara, har en stor miljöpåverkan. Så data awareness och sen den här kultur aspekten då att man får med det.” - Respondent D

Respondent D vidareutvecklar dialogen kring behovet av att öka medvetenheten kring IT:s miljöpåverkan och betonar att det är viktigt att bryta trenden med ökande utsläpp:

“Vi ska ha mer, men vår industris utsläpp är på väg upp liksom och vi måste bryta den trenden. Som alla andra industrier så. Och samhället i stort handlar väl också när vi behöver få upp de här frågorna kommer säkert fler frågor komma in ur hållbarhetsperspektivet kanske inte bara utsläpp utan även liksom konfliktmineraler som krävs i alla typer av servrar och datorer. Att vi får upp dem frågorna och kan få upp liksom andra viktiga hållbarhetsfrågor.” - Respondent D

Respondent D betonar även vikten av transparens inom IT-industrin och hur viktig det är att det finns öppenhet och tydlighet kring IT-produkters och applikationers miljöpåverkan:

“Ja vad du än gör, så borde det finnas den här transparensen. Ja, men hur klimateffektiv är den här applikationen som man själv som konsument också kan ta datadrivna beslut och få upp sina awareness” - Respondent D

5.1.3 Arbetsstrategier

Resultatet av studien visar att arbetsstrategier är en viktig aspekt för att minska IT-industrins koldioxidavtryck. Respondent D betonar betydelsen av att implementera strategier och tillvägagångssätt som prioriterar hållbarhet och minskar koldioxidavtrycket kan IT-industrin ta ansvar och bidra till en mer hållbar utveckling av samhället. Enligt respondent D är det viktigt att ha en kultur inom företaget som gör hållbarhet till en prioritering, både i planering och leverans av IT-produkter och tjänster:

“Men också när man jobbar inhouse då att jobba i sina egna utvecklingsteam. Att få upp hållbarhet som en prioritering på samma sätt som man prioriterar a men säkerhet GDPR of time performance. Alla de här bitarna alltså borde också hållbarhet eller klimat effektivitet vara någonting som. Finns i kulturen att man har med i sina leveranser.” - Respondent D

En annan strategi som respondent D föreslog för att utse en person eller grupp som ansvarar för att minska företagets koldioxidavtryck och ta hänsyn till hårdvaruinköp:

“Om man började från noll liksom så skulle jag appointa en person eller en grupp som ska börja jobba med den här frågan. Och sen så skulle jag börja samla in data för att sätta en baseline. När man har gjort den baselinen så börjar kolla på datan. Okej, vart är det vi behöver minska våra utsläpp för att närma oss netto noll, kan man säga. Och då faller mycket in under inköp i alla fall när man kollar på hårdvara.” - Respondent D

5.1.4 Utbildning

Resultatet av studien visar att en faktor att ta hänsyn till är aspekterna kring utbildning, vilket kan ses som både en praxis och ett verktyg. Enligt respondent D är det viktigt för företag att hålla sig uppdaterade inom de senaste trenderna och teknologierna inom grön IT. Respondent D säger följande om deras arbete:

“För oss handlar det ju om att vara uppdaterade inom de senaste trenderna och teknologierna inom grön IT. Det kan vara nya lagkrav som kommer in och så vidare, olika trender i hur man bör rapportera ur klimatsynpunkt. Men sen har vi den tekniska delen där vi har våra utvecklare som försöker utveckla tekniska förändringar som sker, nya lösningar som kommer upp som kan hjälpa oss eller andra att bli mer energieffektiva. Spaningar på nya lösningar som har kommit upp, som kanske inte när de kommer upp marknadsförs som hållbara, kan vi se kopplingen just för att det är vad vi jobbar med dagligen” - Respondent D

Även respondent A talar om utbildning som en viktig faktor och betonar att det är viktigt för att förstå begreppet hållbarhet eftersom det är ett modeord som lockar mycket pengar och intresse från personer som inte nödvändigtvis förstår vad det innebär. Respondent A svarade följande på frågan om hur företag kan utveckla mer hållbara inbyggda system:

"Så som den här utbildningen, jag tror att det är ganska viktigt eftersom det också, liksom termen hållbar, har varit bra på ett visst sätt, det är ett modeord och ett modeord lockar mycket pengar och mycket intresse från folk som inte har en aning om vad det är." - Respondent A

Vidare förklarar respondent A mer om hur företag kan arbeta med att utveckla mer hållbara inbyggda system genom att utbilda sina anställda och få dem att ta certifieringar och kurser inom hållbarhet och inbyggda system. Genom att ha välutbildade medarbetare kan företaget sedan söka finansiering och jobba för att skapa en bättre framtid i slutändan:

"Få dina anställda att ta certifieringar, få dem att ta kurser om hållbarhet och inbyggda grejer, så att de har bra meriter och sedan kan du lägga vantarna på finansiering och jobba och du vet, att försöka skapa en bättre framtid i slutändan."
- Respondent A

Enligt respondent A försöker deras organisation att uppnå de globala målen för hållbar utveckling och utgår från dessa mål när de planerar och genomför sina projekt:

"Vi försöker ju utgå från de globala målen så att det är ju det vi börjar med att titta på" - Respondent A

Respondent A talar om att de försöker utgå från de globala målen när de planerar och genomför sina projekt. Vidare förtydligar respondent A hur det här kan se ut rent praktiskt:

"Vi håller på att ta fram en mall för våra utbildningar där vi har en checklista för hållbarhet och så hur väl den uppfyller alla krav. Så det är ju någonting som vi skulle kunna ta sig fram även när det gäller inbyggda system tänker jag eller att det kanske är en fråga om man har tänkt på hållbarhet kring det. Men det är någonting vi jobbar mot att ta fram en checklista för utbildningar." - Respondent A

5.1.5 Tillgänglighet

Resultatet av studien visar att tillgänglighet är en viktig praxis inom IT för att främja demokratisering och öka tillgången till teknologi för personer i fattiga länder och personer med funktionshinder. Respondent A, uttryckte detta genom följande:

"Bara mer tillgänglighet. Det är liksom hjärtat i, vad jag tycker om det är demokratisering och tillgång till människor som befinner sig i fattiga länder, tillgång till människor som har någon typ av funktionshinder." - Respondent A

Vidare förstärker respondent A även sambandet mellan hållbarhet och tillgänglighet genom att nämna utvecklingen av mer överkomliga och hållbara system, som Arduino och Raspberry Pi, och hur detta har bidragit till ökad tillgänglighet inom teknikområdet. Respondent A förklarar detta genom att säga:

"På den mer hållbara sidan, ja, jag menar, du vet att folk kommer ut med mer överkomliga system som att vi hade den här Arduino och Raspberry Pi och allt det här nyligen som verkligen förändrades." - Respondent A

Slutligen tar respondent A upp utmaningarna med sociala robotar och nämner att ekonomi är en stor faktor i tillgången till teknik med högt värde till en lägre kostnad. Respondent A betonar att det behövs lågkostnadslösningar för att öka tillgången till teknologi som kan vara till nytta för människor. Som respondent A uttrycker det:

"Om sociala robotar är att de är för dyra just nu. Mycket av detta är ekonomi och att försöka hitta lågkostnadslösningar som hjälper människor att få tillgång till teknik med högt värde med låg kostnad." - Respondent A

5.1.6 Design

Enligt resultaten av studien är design en viktig praxis för att skapa hållbara inbyggda system. Respondent A betonar vikten av att designa ett system på rätt sätt och nämner också andra viktiga aspekter som tillgänglighet, juridiska aspekter och säkerhetsaspekter. Respondent A säger följande:

"Designsidan kanske och testning med människor, och så participatory design och du har psykologi och sedan har du det du nämnde innan, de juridiska aspekterna och säkerhetsaspekterna. Så det är ett ganska stort område. Men ja, jag menar att man kan ha system som är mer etiska." - Respondent A

5.1.7 Engagera intressenter

Resultaten av studien visade att en praxis som lyfts är att engagera intressenter. Respondent D talar om en möjlighet att introducera hållbar mjukvaruutveckling till utvecklingsteam genom en kick-off. Processen beskriver respondent D som följande:

“Det är att vi erbjuder typ en liten kick off där vi bjuder in alla utvecklingsteam. Så har vi en intro till det här med sustainable software development. Så här kan man dela andra exempel från andra team som tidigare har jobbat i vårt verktyg, om de har gjort förändringar vad de har gjort. De kan dela sin resa och sen demar vi verktyget. Och sen sätter vi upp typ en liten tävling internt.” - Respondent D

Respondent D betonar även vikten av att ha stöd från ledningen för hållbar mjukvaruutveckling och menar att det är avgörande att ledningen är engagerad och villig att driva på arbetet med hållbar mjukvaruutveckling internt. Respondent D talar om att detta behöver komma från företagets högsta ledning, och att det inte räcker med en extern part som meddelar detta:

“Som då deras ledning har kommit att till, så det viktiga är ju typ att få med ledningen som pushar det här. Det ska inte vara vi som extern part som kommer och säger nu ska ni jobba med det här utan det viktiga är att få med ledningar som säger nu vill vi jobba på det här.” - Respondent D

En annan viktig faktor som respondent D nämner är att till sådana projektet ska det även göras en uppföljning för att stödja utvecklingsteamerna i att fortsätta arbeta på hållbar mjukvaruutveckling, Den här uppföljningen beskriver respondent D som följande:

“Så gör vi en uppföljning liksom efter någon månad där folk får dela vad de har gjort och sen så finns vi tillgängliga liksom och svarar på frågor och har typ coaching session om de vill sånt där. Först, så det brukar vi göra första 3 månaderna för att de ska komma igång..” - Respondent D

En liknande synpunkt uttrycks av respondent G, som betonar vikten av engagemang när det gäller att intressera kunder. För att intressera kunder hade respondent G genomfört en omfattande enkät och frågeformulär för att ta reda på vad kunderna tyckte var viktigt för dem när det gäller hållbar mjukvaruutveckling:

“Sen på kundsidan så har vi ju regelbundet kundträffar och inför när vi skulle skapa den här

nya generationen, nya plattformen, så att det hade vi en väldigt omfattande sådan enkät och frågeformulär till våra kunder och vad de tyckte och vad de ville och vad som var viktigt för dem och allt sånt här. Och då kom det ju in det här, liksom med reparerbarhet, förutsebarhet och bra miljöval i materialen och sånt där. Och den vägen har vi ju tagit in också, vad våra kunder tycker och tänker.” - Respondent G

Sammanfattningsvis betonar både respondent D och respondent G vikten av att engagera intressenter och ha stöd från ledningen för att driva på hållbar mjukvaruutveckling. De betonar också vikten av att göra en uppföljning för att stödja utvecklingsteamerna i att fortsätta arbeta på hållbar mjukvaruutveckling.

5.1.8 Kommunikation

Resultaten av studien visar att kommunikation är en praxis som kan hjälpa företag att uppnå mål inom den sociala dimensionen. Det är viktigt att ha data för att kunna följa upp resultaten och se till att målen uppnås, samtidigt som det är viktigt att samarbeta med andra avdelningar då det kan vara en nyckelfaktor för att nå framgång, enligt respondent D:

“Hur man arbetar med andra avdelningar, så handlar det väl om att koppla an till några hållbarhets visioner eller mål och att det finns som en del att det är prioriterat som en del av leveranserna för det finns massa olika intressen. Genom att förenas kring några prio områden, där en är hållbarhetsfrågan, så tror jag att det är så man lättast uppnå sina hållbarhetsmål, men då behöver man data för att allting måste man kunna följa upp liksom så.” - Respondent D

5.1.9 Öppen källkod

Enligt resultaten från denna studie är öppen källkod en praxis för att utveckla mer hållbara inbyggda system. Enligt respondent A kan det möjliggöra samarbete och effektivitet när alla använder samma kodbas. Men respondent A påpekar även att det kan skapa osäkerhet i vissa fall, särskilt när det gäller säkerhet:

"Öppen källkod och att dela kod och det här är väldigt bra för oss. Då kan alla gå framåt. Vi använder alla samma kodbas. Men i verkligheten, i till exempel företag som säljer autonoma fordon, kan de inte göra det. Det vill de inte göra. Det är på grund av säkerheten. Om du har samma bas för alla autonoma fordon och det är väldigt lätt att attackera dem, om du kan attackera ett fordon så kan du attackera varje företags fordon och de vill inte ha ansvar för det. Det här är en av de saker som du måste kämpa mot lite grann är denna balans mellan öppenhet och att hjälpa varandra och att vara mer effektiva, och att vara säkrare.” - Respondent A

5.1.10 Tillväxttänk

Enligt resultatet av denna studie är tillväxttänk en praxis. Respondent D betonade vikten av att vara energi- och resurseffektiv inom IT-industrin, särskilt inom mjukvaruutveckling, eftersom energifrågan är den mest påverkande faktorn för miljöpåverkan. Det här förespråkar respondent D med ett tankesätt som syftar till att effektivisera alla aspekter inom IT för att minska dess miljöpåverkan, som förklaras på följande sätt:

“Det är väl det alltså så att se till att man alltså energifrågan är ju den drivande frågan i miljöpåverkan från IT eller fram främst inom mjukvara? Så att försöka ha ett mindset där man är så energi och resurseffektiv som möjligt, så kan man approacha alla aspekter, skulle jag säga inom det här liksom.” - Respondent D

5.1.11 Kravställning

Genom studien har det blivit klart att kravställning är en praxis som företaget tar på stort allvar. Ett av de krav som företaget prioriterar är att välja lokala producenter för att minimera transportavstånd och därmed minska transportkostnader och miljöpåverkan. En av respondenterna, G, förklarar detta koncept på följande sätt:

“Vi väljer producenter som är lokala i möjliga mån. Så att vi får korta transporter.”
- Respondent G

Företaget ställer även höga krav på sina underleverantörer när det gäller tillverkningsprocesser. Genom att outsourca produktionen till underleverantörer, kan företaget hålla sin egen produktion minimal och fokusera på andra viktiga aspekter av verksamheten. Respondent G betonar detta krav på underleverantörerna genom att säga:

“Vi har ju våra inköparen har ju detaljerade avtal mot våra underleverantörer, så vi har väldigt lite produktion själva av fysiskt, utan det är ju underleverantörer som har det och vårt sätt då är att ha ganska hårda krav på våra underleverantörer i sin tur.”
- Respondent G

5.2 Ekonomiska dimensioner

Resultaten från denna uppsats avslöjar följande teman som klassificeras som en del av den ekonomiska dimensionen: Systematiskt hållbarhetsarbete, Kostnadshantering, Molnbaserade IT system och Utbildning.

Följande tema klassificeras som både praxis och verktyg för den ekonomiska dimensionen: Resursoptimering.

5.2.1 Systematiskt hållbarhetsarbete

Resultatet från denna studie visar på att systematiskt hållbarhetsarbete är en annan viktig praxis. Respondent G visar på en strategi i form av ett systematiskt hållbarhetsarbete:

“Men det kommer ju vara en konkurrensfördel att ha ett systematiskt hållbarhetsarbete och tänk, och kunna visa upp det.” - Respondent G

Respondent G fortsätter med att förklara i takt med att företag får mer krav på sig från kunder är det även viktigt att redovisa hållbarhetsarbete:

“Det kommer bara bli mer och mer och vi har ju börjat få kundkrav på oss också, där vi ska beskriva hur vi jobbar med hållbarhet och i så fall, vad gör vi och hur mäter vi det och så vidare.” - Respondent G

5.2.2 Kostnadshantering

Resultatet från denna studie visar att kostnadshantering är en annan viktig praxis. Kostnaden för mjukvaruprocessen är mycket viktig både i början och under livslängden för ett inbyggt system. Respondent E tog upp att vid högre volym som produceras, desto mer betydande blir den inledande kostnaden och kostnaderna under systemets livslängd. Respondent E talar här om att den inbyggda mjukvaran är en stor del av kostnaden för att hantera inbyggda system:

“Och sen när det gäller hållbarhet i själva ekonomin kring det, så är det en stor del av kostnaden för att hantera inbyggda system, är utvecklingen av den inbyggda mjukvaran. Och det är kanske den som är den dyraste komponenten, beror på volymen man producerar ett inbyggt system. Så invigningens initiala kostnaden och även under systemets livslängd är mycket avgörande eller avhängig på ska man säga

mjukvaruprocessen kring systemutvecklingen, alltså den "firmware" som det inbyggda systemet kör." - Respondent E

5.2.3 Molnbaserade IT system

Resultatet av studien visar att cloud-baserade IT system är en viktig praxis, det finns en stor CO2-besparingspotential för cloud-baserade IT-system. Respondent D diskuterar hur Cloud baserade IT system kan bidra till att minska CO2-utsläppen:

"Vad vi har sett är att det finns en CO2 besparingspotential för Cloud baserade IT system upp till 98 procent av CO2. Så ja, upp till 98 % per IT system, har vi haft team som har minskat sina utsläpp" - Respondent D

Respondent G betonade också vikten av cloud-baserade IT system, men med en annan inriktning, nämligen att de ska få sin energi från förnybara källor:

"Men om vi kommer tillbaka, jag vet ju att vårt, i det här klimatrapporten och allt det här. Hållbarhet så har vi ju flyttat all Cloud verksamhet, allt Cloud ligger ju på datacenter som har minst 95 % förnybar energi." - Respondent G

5.2.4 Resursoptimering

Resultatet av studien tar fram resursoptimering för att leda till kostnadsbesparingar, vilket kan ses som både en praxis och ett verktyg. Respondent D diskuterar både att bygga klimateffektiva IT-system, vilket är en praxis, och resursoptimering, vilket är ett verktyg för att uppnå detta vilket är viktigt för kostnadsbesparingar:

"Att bygga mer klimateffektiva IT system handlar mycket om att resursoptimera och använder man mindre så kostar det ofta mindre, så vi har sett istället att det är en kostnadsbesparingspotential av att jobba med de här frågorna. Om man ska kolla resurser man förbrukar i, till exempel molnet, då har vi sett en kostnadsbesparingspotential upp till 15 %, vilket kan motsvara ungefär 20 miljoner kronor om året. - Respondent D

5.2.5 Utbildning

En av resultaten som framkommer i studien är att utbildning är en viktig praxis för att uppnå ekonomisk hållbar utveckling, vilket respondent D betonar genom att säga:

“Men sen finns det en annan kostnadsaspekt och det handlar ju om att utbilda alla i sin utvecklingsorganisation kring de här frågorna. Eller att man ska prioritera det i backloggen” - Respondent D

Respondent D fortsätter med att betona att hållbarhetsfrågan också är kopplad till medarbetarnas nöjdhet och bidrar till en känsla av syfte:

“Den ekonomiska aspekten skulle jag säga påverkas positivt för en annan sak som vi ser är att man får nöjdare medarbetare av när man jobbar med hållbarhetsfrågan och det har vi ju märkt. Och det ger mig som medarbetare, även om jag är utvecklare, så vet jag att jag kan bidra och det ger en sense of purpose.” - Respondent D

Vidare poängterar respondenten att nöjdare medarbetare kan också bidra till ekonomiska fördelar:

“Men det roliga är att ofta när man optimerar för planeten så får man även en kostnadsbesparing, och chefer har tidigare liksom lockat med moroten att det ska bli en kostnadsbesparing, men det driver liksom inte medarbetarna.” - Respondent D

Slutligen, talar respondenten om de potentiella ekonomiska fördelarna för företag som arbetar med hållbarhet, inklusive ökad varumärkesvärde:

“Så och ekonomin då på lång sikt. Har ju att göra med att, ja men, blir vi mer klimateffektiva och resurs effektiva så absolut blir det en absolut potentiell kostnadsbesparing, men jag tror att det kan öka the brand value för många företag.” - Respondent D

5.3 Miljömässiga dimensioner

Resultaten från denna uppsats avslöjar följande teman som klassificeras som en del av den miljömässiga dimensionen: Resursoptimering, Energisystem och elektrifiering, Green IT, Hållbara tillvägagångssätt, Datadrivet tillvägagångssätt, Förnybara resurser, Energieffektivitet, Materialval, Livscykel och Statistiska mätningmetoder.

Följande tema klassificeras som verktyg för den miljömässiga dimensionen: Programmeringsspråk och operativsystem.

Följande tema klassificeras som både praxis och verktyg för den miljömässiga dimensionen: Teknisk flexibilitet.

5.3.1 Resursoptimering

Resultaten av studien visar på resursoptimering som en praxis. Resultatet visar på vikten av att använda resurser på ett hållbart sätt vid utvecklingen av tekniska system och mjukvarukomponenter för att minska miljöpåverkan och öka livslängden hos dessa system. Respondent E beskriver en generell strategi eller tillvägagångssätt för att minimera resursanvändningen vid tillverkning och drift av systemet för att öka dess livslängd och minska dess miljöpåverkan:

“När det gäller den här miljömässiga sidan av det, så handlar det ju om att man vill använda så lite resurser som möjligt både vid tillverkning av systemet och under systemets drift, så att det handlar ju om att det ska kunna leva länge och kanske dra lite energi om det är frågan om batterier eller någonting för den applikation som man gör. Och naturligtvis kan man göra det med mindre resurser, det vill säga använda mindre batterier eller mindre solcell och så vidare. Så blir det ju mer effektivt ur miljöhänseende och så kan systemet hållas vid liv under längre tid.” - Respondent E

Vidare tar Respondent E upp vikten om att minimera resursanvändningen men går vidare in mot utvecklingen av mjukvarukomponenter:

“Att de drar lite ström då för miljöaspekterna av det och att de är effektiva, alltså att den mängd resurser som vi använder för att utveckla mjukvaran ska också kunna minimeras. Så där handlar det ju om att kunna återanvända redan skrivna komponenter, mjukvarukomponenter, på ett effektivt sätt.” - Respondent E

5.3.2 Energisystem och elektrifiering

Resultatet av studien visar på att en annan praxis är energisystem och elektrifiering. Energisystem och elektrifiering kan bidra till smartare lösningar genom att optimera energianvändningen i hus och hem, vilket respondent E talar om:

“Ja, det möjliggör ju en massa smarta lösningar, alltså att ha inbyggd elektronik och smarta system förutsätter ju att vi har någon mjukvara som kan lösa problem på ett effektivt sätt och de problemen kan ju till exempel vara att göra husen/hemmen smartare så att vi inte använder så mycket energi för uppvärmning och belysning och

så vidare. Så energisystem och elektrifiering är en grej som förutsätter att vi har inbyggd elektronik som är smart eller kan åtminstone hjälpa oss.“ - Respondent E

5.3.3 Programmeringsspråk och operativsystem

Resultaten av studien visar på programmeringsspråk och operativsystem som är två avgörande verktyg för att uppnå önskade egenskaper i ett system. Vidare nämner respondent E om den påverkan programmeringsspråk medför:

“Valet av programmeringsspråk är helt avgörande för de egenskaper som systemet kommer att få i slutändan.” - Respondent E

Enligt respondent E har det nya programmeringsspråket Rust haft en enorm påverkan på säker mjukvara under de senaste åren. Respondent E menar även att liknande fördelar kan uppnås genom att använda Rust i andra operativsystem, som till exempel Arctic:

“Men det här språket Rust är någonting som har tagit fart. Det introducerades 2015 och bara på de 8 åren så har det fått en enorm impact för just säker mjukvara. Om man kan se till exempel att Android, det är Googles operativsystem för telefoner. Där har man infört Rust som språk för säkerhetskritiska delar av operativsystemet, eller ska man säga av Android miljön. Och man ser en stor förbättring när det gäller datasäkerheten och liknande kommer man att få liknande fördelar får man om man använder Rust och vårt operativsystem Arctic.” - Respondent E

Respondent E talar vidare om operativsystemet Arctic samt programmeringsspråket Rust och förklarar kopplingen mellan dessa för inbyggda system:

“Vi har ju utvecklat ett operativsystem och ett sätt att programmera inbyggda system som gör det väldigt, väldigt enkelt och effektivt att utveckla mjukvara. Samtidigt som mjukvaran i sig blir väldigt effektiv, och den här tekniken den bygger på ett nytt programmeringsspråk som heter Rust och det löser många av de problem som man har inom en embedded utveckling.” - Respondent E

Vidare är Rust en viktig faktor när det kommer till de designval som ska tas tidigt i en process vilket respondent E förtydligar:

“Så att valet av programmeringsspråk är viktigt när det gäller designen och för det kommer att styra på det sätt du bygger ditt system också.” - Respondent E

5.3.4 Green IT

En av resultaten från studien visade på Green IT som en praxis. Green IT är vad respondent D benämmer som "greening with IT". Respondent D beskriver vad Green IT är och hur det kan tillämpas för att främja miljövänlig användning av IT:

"Alltså det finns ju ett annat perspektiv som är som jag brukar kalla greening with IT. Då använder vi mindre material, istället för att printa ett papper för att signera det, så har man elektronisk signatur. Det gör att man minskar andra typer av resurser, och för mig är det greening with IT. Så här är ju frågan grön IT och hur kan vi om vi minskar utsläppen från IT industrin, hur kan ni hjälpa ett företag att bli mer hållbara och det är ju i sig ganska naturligt att ja, men man blir ju mer hållbar om man jobbar med hållbarhet. Decarbonisation i sina led även inom IT, men det som jag tror många glömmer bort är ju att mjukvara software and data är ju i alla företags business modeller." - Respondent D

5.3.5 Hållbara tillvägagångssätt

En av resultaten från studien visade på hållbara tillvägagångssätt som en praxis. Enligt respondent D inkluderar de tre R:n - relocation, rightsizing och re-architecting - som alla har som mål att minska energiförbrukningen och utsläppen från IT-verksamhet. När det kommer till att utveckla hållbara inbyggda system och uppnå en mer hållbar framtid uppmuntrar respondent D därmed till användningen av de tre R:n:

"Det är dom tre R:n som vi kallar relocation rightsizing och re-architecting. Så relocation kanske inte funkar för embedded systems men det handlar om att energi inte är tillverkat på samma villkor. Om man kollar på electricity map så är carbon intensiteten olika när man producerar el i olika regioner så vi uppmuntrar då de som kan, och det är väldigt enkelt om man jobbar molnbaserat att flytta att hosta i en region som har grönare el. Så det är lite om relocation. Right sizing, jag vet inte om ni kanske har hört talas om det, men det handlar om att bara använda det man faktiskt behöver och sen stänga av resten. Så det här är ju mer kring typ arkitekturen och sen så har vi re-architecting som handlar om att välja en appropriate arkitektur för sin lösning." - Respondent D

I ett eget projekt beskriver respondent D vilka fördelar de tre R:n gav:

"Vi gjorde en re-architecting alltså där vi ändrade vår arkitektur för att den skulle vara mer energieffektiv. Och det gjorde vi i mitten på mars. Och som ni ser här så har energin och då utsläppen också gått ner och det är ju sånt här vi liksom vill uppmuntra att. För det finns så mycket man kan tweaka i ett IT system och det som vi

gör det är att vi försöker mäta det då. Eller vi mäter det i realtid baserat på deras faktiska usage data.” - Respondent D

Vidare tar respondent D upp en den fördel re-location har i samband med molnteknik:

“Vi har haft team som besparat upp till 82 procent av sin energi. Så de här sista 18 %. Det är tveken man får när man kör en re-location till exempel. - Respondent D

5.3.6 Datadrivet tillvägagångssätt

En av resultaten från studien visade på datadrivet tillvägagångssätt som en praxis. Datadriven strategi är viktig för att minska CO₂-utsläpp och energiförbrukning. Respondent D understryker vikten av att ha tillgång till och använda korrekt data för att effektivt hantera och minska utsläpp:

“Det första skulle jag säga är väl att ha en datadriven approach. Datapunkter som är så nära realtid är en och då ska det ju vara datapunkter av CO₂ och energi, och sen då naturligt att försöka börja minska dem.” - Respondent D

5.3.7 Förnybara resurser

Resultatet av studien visar att praxisen förnybara resurser är en viktig faktor för hållbarhet, enligt respondent A:

"Kanske miljö, jag menar, naturligtvis försöker vi använda miljövänliga material när det är möjligt." - Respondent A

Vidare betonar respondent A vikten av att använda förnybara resurser och ger exempel på icke förnybara resurser som kan vara svåra att ersätta:

"Och sedan från exemplen menar jag att vi har några komponenter som vi använder icke förnybara resurser för vissa kretsar och robotar och system. Så ett enkelt exempel är helium. Om du använder helium väl har vi en viss mängd helium. Det finns inget sätt att göra det här praktiskt hållbart för närvarande." - Respondent A

5.3.8 Energieffektivitet

Resultatet av studien visar att energieffektivitet är en annan viktig praxis när det gäller att främja hållbarhet inom inbyggda system. Respondent A visar på betydelsen av energieffektivitet i att skapa en mer hållbar framtid för samhället, ekonomin och miljön:

“Kan du göra det så som du sa att det, du vet, lågeffektapplikationer och alla andra typer av saker som gör det, du vet sparar energi och gör människor gladare? Ja. Jag menar, naturligtvis kommer det att hjälpa miljön i den meningen att vi kommer att använda mindre resurser som inte är förnybara.” - Respondent A

5.3.9 Teknisk flexibilitet

Resultatet av studien visar på teknisk flexibilitet som kan ses som både en praxis och ett verktyg. nPraxis handlar om att utveckla kod på ett sätt som är mer flexibelt och inte bundet till en specifik hårdvaruplattform, medan verktyg innefattar användningen av plattformagnostisk mjukvara som kan köras på olika hårdvaruplattformar, vilket respondent E uttrycker på följande sätt:

“Och det tror jag är nästa grej. Det är att vi måste utveckla kod på ett sådant sätt att vi inte är så knutna till den hårdvaruplattform som vi väljer. Och att vi kan välja den hårdvara som bäst passar vårt behov istället för att vi ska sitta fast i någonting där det är tillverkaren som bestämmer vad du har tillgång till, så det tror jag är en utmaning också och att man möter det bäst på med att använda sig av, kan man säga plattform agnostisk mjukvara. Där agnostiskt då är att den är oberoende.” - Respondent E

5.3.10 Materialval

Resultaten av studien visade på val av material som är en viktig praxis vilket också innefattar vikten av att ha en hållbarhetsstrategi vid utvecklingen av inbyggda system. Vid val av material är det viktigt att vara hållbar, vilket respondent G visar på:

“Att välja material som är miljövänligare.” - Respondent G

Vidare betonade respondent C vikten av att systemen är robusta och slitstarka, med tanke på att de används dagligen:

“När vi gör våra system så tänker vi att det ska vara robust för att saker inte ska slitas ut för att det används hela tiden, varje dag, jättemycket.” - Respondent C

5.3.11 Livscykel

Resultatet av studien visar på betydelsen av livscykeln som är en annan viktig praxis.

Respondent G poängterar vikten av att reparera och återanvända inbyggda system istället för att slänga dem:

“Vi uppmanar ju att liksom inte att slösa och slänga utan om den mot förmodan går sönder och det är väldigt sällsynt. Det är ju under 1 % långt under 1 %, så tar vi in dem, reparera dem och lämnar tillbaks. Så ingen slit och släng mentalitet finns över det hela utan det ska fungera länge och vi har ganska långa produktcykler. Vi låter produkterna leva ganska länge.” - Respondent G

Likaså nämner respondent F att hållbarhet är en central del i utvecklingen av komponenter till ett inbyggt system:

“Men det var väl också att när vi designade det senaste så var det liksom specifikt en mikroprocessor som skulle hålla och så vidare.” - Respondent F

En viktig aspekt i att främja hållbarhet är att beakta livslängden för valda komponenter. Respondent G betonar att de tar hänsyn till förväntad livslängd när de väljer produkter för att undvika onödiga kostnader, tid och energi:

“När man kommer ner på komponentval på elektroniken så beaktar vi ju förväntad livslängd, så att vi väljer produkter som har en lång livslängd framför sig, så vi inte behöver designa om och göra mycket ändringar. För sånt kostar ju också pengar och tar tid och energi liksom.” - Respondent G

För att ytterligare minska miljöpåverkan har respondent G informerat om utbytes-kampanjer där gamla produkter samlas in och återvinns på ett miljövänligt sätt:

“Och sen gör vi ju också så att vi har en utbytes-kampanj, om de har en gammal produkt och så får de en ny produkt. Då samlar vi in den gamla produkten och med hjälp av vår partner av --- så återvinns ju det som går att återvinna ur dem. Så vi tar ju in alla gamla produkter och alla skickar inte till oss, men väldigt många skickar, det för vi ju bokföring över hur mycket vi samlar in per år. Så det är inte så här vind för våg, utan ni får en ny skickar den gamla till oss så tar vi hand om den på ett miljövänligare sätt.” - Respondent G

5.3.12 Statistiska mätningmetoder

Resultatet av studien visar på en annan praxis som är statistiska mätningmetoder. Enligt resultaten av studien är det vanligt att företag använder sig av statistiska mätningmetoder för att identifiera sin främsta miljöpåverkan. Resultatet tyder även på att företag använder sig av olika mätningmetoder för att minska sin miljöpåverkan och att uppföljning av klimatrappporter och mål är viktigt för att lyckas med det.

Respondent G bekräftar detta genom att förklara att de använder statistiska metoder för att kartlägga sin största miljöpåverkan:

“Men miljömässigt, vi gjorde ju en klimatrappport för inte alls länge sen, där vi kartlade vår största miljöpåverkan. Ur den så valde vi då våran främsta miljöpåverkan.” - Respondent G

För att följa upp på klimatrappporten har respondenten satt upp olika klimatmål och miljömål och följer upp dem på regelbunden basis. Enligt respondent G är det viktigt att granska elförbrukning, transporter och produktion för att identifiera hur man kan minska sin miljöpåverkan:

“Så det är ju den resan vi har miljömässigt då, tagit fram en klimatrappport. Då granskar man ju elförbrukning och transporter och produktion och en hel radda. Så vi har en tredjepart som tog fram en klimatrappport och sen, men den som bas tog vi fram klimatmål och miljömål, och följer upp dem på regelbunden basis.” - Respondent G

6. Analys och diskussion

I detta avsnitt kommer tidigare forskning, resultatet från intervjuerna och ramverket som utvecklats utifrån dessa att analyseras och diskuteras. Fokus ligger på att sammanföra informationen från de olika delarna och att diskutera de slutsatser som kan dras från analysen.

6.1 Praxis och verktyg

Baserat på praxis och verktyg från både intervjuerna och tidigare forskning kan flera gemensamma faktorer identifieras som bidrar till hållbara inbyggda system utifrån de tre pelarna för hållbarhet. Här är de gemensamma faktorerna som tas upp:

6.1.1 Teknisk flexibilitet

Teknisk flexibilitet är en viktig faktor när det gäller att utveckla hållbara inbyggda system, och det är intressant att se hur både respondent E, Ebert och Montenbruck (2022) samt Verdecchia m.fl. (2021) betonar dess betydelse. Att utveckla plattformsoberoende kod skulle möjliggöra större valfrihet i hårdvaruval och därmed öka flexibiliteten i systemet enligt respondent E. Denna praxis kan även stödjas av verktyg såsom plattformsagnostisk mjukvara som gör det möjligt att köra koden på olika hårdvaruplattformar som respondent E tar upp.

Utöver att utveckla flexibel kod, så nämner forskningen också betydelsen av att tillhandahålla energisparande lägen för både hårdvara och mjukvara, och att automatisera processen att försätta oanvända processer i viloläge eller avsluta dem, vilket både Ebert och Montenbruck (2022) samt Verdecchia m.fl. (2021) tar upp. Detta kräver också en viss grad av teknisk flexibilitet i systemet för att kunna implementeras effektivt vilket respondent E, Ebert och Montenbruck (2022) samt Verdecchia m.fl. (2021) nämner.

Sammantaget är teknisk flexibilitet en viktig praxis och verktyg för att utveckla hållbara inbyggda system. Det är viktigt att designers skapar flexibel programvara för att kunna

anpassa sig till olika hårdvaruplattformar och samtidigt möjliggöra energibesparingar och automatiserade processer för att optimera systemet.

6.1.2 Medvetenhet

Att ha en medvetenhet om hållbarhetsfrågor är en viktig faktor. Detta inkluderar kunskap om miljö- och sociala frågor samt kunskap om de senaste teknikerna och verktygen som kan användas för att utveckla hållbara inbyggda system.

Respondent D betonar vikten av att öka medvetenheten (datamedvetenheten) om den miljöpåverkan IT har och integrera detta perspektiv i IT-branschens och samhällets kultur i stort. Respondent D lyfter fram behovet av att bryta trenden med ökande utsläpp inom IT-branschen och hur detta är en utmaning som delas av andra branscher. Respondent D nämner också behovet av transparens i IT-branschen och hur viktigt det är att det finns öppenhet och tydlighet kring IT-produkters och applikationers miljöpåverkan. Dessutom nämner respondent D vikten av att göra det möjligt för konsumenter att fatta datadrivna beslut baserat på denna information för att öka deras medvetenhet om hållbarhetsfrågor.

I samband med att skapa medvetenhet föreslår Ebert & Montenbruck (2022) och Verdecchia et al. (2021) att energiförbrukningen ska visas upp för mjukvaran med hjälp av färgindikatorer för att skapa medvetenhet och hjälpa användare att hantera sin energiförbrukning mer effektivt. Enligt Verdecchia m.fl. (2021) blir det genom att kommunicera om miljöpåverkan av människors användning av digital infrastruktur blir människor mer medvetna om sin påverkan på miljön. Sammantaget är ökad medvetenhet avgörande för att främja en hållbar IT-industri och samhället som helhet vilket respondent D har belyst.

6.1.3 Energieffektivitet

Att utveckla inbyggda system som är energieffektiva är en annan viktig faktor. Det har att göra med att minska energiförbrukningen för att bidra till att minska koldioxidutsläppen enligt respondent D.

Verdecchia m.fl. (2021) poängterar vikten av att ta hänsyn till kontextuell information vid utformning av energieffektiv programvara och infrastrukturer. Detta inkluderar att planera för både förväntade och oväntade förändringar samt att ta hänsyn till olika sektorer, intressenter och system (Verdecchia m.fl., 2021). Detta är viktigt eftersom designbeslut kan ha långsiktiga konsekvenser på energianvändning och miljöpåverkan. Genom att ta hänsyn till kontextuell information kan designers göra välgrundade beslut som bidrar till att skapa energieffektiv programvara och infrastrukturer som Verdecchia m.fl. (2021) tagit upp.

Sammantaget verkar både respondent A och Verdecchia m.fl. vara överens om att energieffektivitet är viktigt för att minska påverkan på miljön och att det kan ha positiva effekter på samhället och ekonomin. Båda betonar också vikten av att använda tekniska lösningar och ta hänsyn till kontextuell information för att skapa energieffektiv programvara och infrastruktur.

6.1.4 Design

Att ha en hållbar design är en annan viktig faktor. Detta inkluderar att använda miljövänliga material och designa systemet för att minska energiförbrukningen.

Både respondent A och Verdecchia m.fl. (2021) betonar vikten av design när det gäller att skapa hållbara inbyggda system. Respondent A diskuterar olika aspekter som är relevanta för att skapa ett etiskt system, inklusive participatory design, psykologi och säkerhetsaspekter, och betonar att det är viktigt att tänka på alla dessa aspekter under designprocessen.

Verdecchia m.fl. (2021) fokuserar på vikten av att ta hänsyn till användarupplevelse (UX) för att uppnå hållbarhet. Verdecchia m.fl. (2021) betonar att en stor mängd användare kan påverka mjukvarukonsumtionen och att designers bör se till att nya programvaruversioner inte kräver mer datorkraft, lagringsutrymme eller bandbredd än tidigare versioner.

Sammanfattningsvis är både respondent A och Verdecchia m.fl. (2021) överens om att design är en viktig faktor för att skapa hållbara inbyggda system. Respondent A och Verdecchia m.fl.

(2021) betonar också att det är viktigt att tänka på olika aspekter som UX, psykologi, säkerhet och juridiska aspekter under designprocessen för att skapa etiska och hållbara system.

6.1.5 Resursoptimering

Att optimera resurser är en viktig faktor för att skapa hållbara inbyggda system.

Respondent E betonar vikten av resursoptimering i utvecklingen av hållbara inbyggda system.

Respondent E föreslår att minska resursanvändningen både vid tillverkning och drift av systemet är avgörande för att öka livslängden och minska dess miljöpåverkan. Detta kan uppnås genom att till exempel använda mindre batterier eller solceller i batteridrivna system för att minska energiförbrukningen enligt Respondent E. Dessutom påpekar respondent E vikten av att minimera resursanvändningen under utvecklingen av mjukvarukomponenter genom att effektivt återanvända befintliga komponenter, vilket kan minska behovet av att skapa nya.

Verdecchia m.fl. (2021) lyfter fram vikten av att designa mjukvara som fungerar på äldre hårdvaruplattformar och kan användas i flera år. På så sätt kan funktioner läggas till, fel åtgärdas och säkerheten kan förbättras utan behov av ny hårdvara (Verdecchia m.fl., 2021). Fofou, Jiang och Wang (2021) diskuterar också konceptet med hållbara inbyggda system i termer av cirkulära ekonomiprinciper, och föreslår att design för återtillverkning, användning av återstående livslängd, slutna försörjningskedjor och omvänd logistik alla kan bidra till hållbara metoder i produkternas livscykel.

Chantem m.fl. (2019) påpekar också vikten av att minimera förbrukningen av icke-förnybara resurser som vatten, mineraler och fossila bränslen vid utformningen av hållbara inbyggda system. Sammantaget är det tydligt att resursoptimering är en avgörande faktor i utvecklingen av hållbara inbyggda system, och olika strategier kan användas för att uppnå detta mål.

6.1.6 Hållbara tillvägagångssätt

Att använda hållbara tillvägagångssätt som till exempel green IT och green software är också en viktig faktor för att skapa hållbara inbyggda system.

Respondent D och Verdecchia m.fl. (2021) har liknande syn på vikten av att tillämpa hållbara tillvägagångssätt för att minska IT-verksamhetens miljöpåverkan. Respondent D förespråkar användningen av de tre R:n - relocation, rightsizing och re-architecting - för att minska energiförbrukningen och utsläppen från IT-verksamheten. Verdecchia m.fl. (2021) tar upp ekologisk omvandling som innefattar tillämpningen av mer miljövänliga metoder.

Respondent D poängterar vikten av att flytta företagets datalagring och hantering av system till regioner där det produceras grönare el, vilket överensstämmer med Verdecchia m.fl. (2021) nämnande av att flytta till molnet kräver en arkitektur för att se till att en effektiv och hållbar implementering sker. Respondent D tar också upp vikten av att använda rätt arkitektur för företagets lösning, vilket också är relevant i Verdecchia m.fl. (2021) diskussion om ekologisk omvandling.

Respondent D berättar om hur de genomförde en re-architecting av ett IT-system för att göra det mer energieffektivt, vilket resulterade i minskad energiförbrukning och utsläpp. Denna förändring gjordes i realtid baserat på faktisk användningsdata för att optimera IT-systemet ytterligare. Detta är också i linje med Verdecchia m.fl. (2021) rekommendationer att mäta och utvärdera effekterna av hållbara förändringar i realtid för att kunna optimera IT-system ytterligare.

Sammanfattningsvis visar både respondent D och Verdecchia m.fl. (2021) att hållbara tillvägagångssätt, inklusive de tre R:n, är viktiga för att minska IT-verksamhetens miljöpåverkan. Det är också viktigt enligt respondent D att välja rätt arkitektur för företagets lösning och att mäta och utvärdera effekterna av hållbara förändringar i realtid för att kunna optimera IT-system ytterligare.

6.1.7 Säkerhet

Att ha en säkerhetstänkande i utvecklingen av inbyggda system är viktigt för att skydda både användare och data.

Respondent E poängterar att datasäkerhet är en viktig del av social hållbarhet, särskilt när det gäller att säkerställa korrektheten och äktheten av insamlad data samt att förhindra obehörig spridning av information. Respondent E menar på att detta är viktigt för att upprätthålla social acceptans för teknologiska lösningar och påpekar även att mjukvaran bör vara utformad på ett sätt som gör den säker och tillförlitlig för att öka social acceptans.

Verdecchia m.fl. (2021) och Ebert & Montenbruck (2022) ger ytterligare insikter i frågan om datasäkerhet och dess betydelse för hållbara byggda system. En viktig rekommendation från Verdecchia m.fl. (2021) är att inte utveckla programvara med en always-on-funktion, vilket innebär att programvaran är i drift hela tiden och konsumerar energi och resurser. Istället rekommenderar Verdecchia m.fl. (2021) att tillämpa pulsanslutningar istället för kontinuerliga anslutningar, vilket sparar energi och minskar riskerna för obehörig åtkomst. Dessutom föreslår Verdecchia m.fl. (2021) att använda effektiva algoritmer och att dra ner på kraven när det gäller precision och lagring för att minska resursanvändningen och förbättra cybersäkerheten.

Ebert & Montenbruck (2022) rekommenderar också att minska kraven på precision och att använda effektiva algoritmer för att spara energi och resurser. Ebert & Montenbruck (2022) påpekar också vikten av att ha en väldefinierad datahanteringsstrategi för att säkerställa datasäkerhet, och en viktig del av en sådan strategi är att anonymisera eller kryptera data för att förhindra obehörig åtkomst eller spridning av information.

Sammanfattningsvis är det tydligt att datasäkerhet är en viktig aspekt av social hållbarhet i samband med användning av teknologi. För att upprätthålla social acceptans och säkerställa korrektheten och äktheten av insamlad data är det viktigt att tillämpa bästa praxis som rekommenderas av Verdecchia m.fl. (2021) och Ebert & Montenbruck (2022), inklusive att undvika always-on-funktioner, tillämpa effektiva algoritmer, använda pulsanslutningar istället

för kontinuerliga anslutningar och dra ner på kraven när det gäller precision och lagring. Dessutom är en väldefinierad datahanteringsstrategi avgörande för att säkerställa datasäkerhet.

6.1.8 Utbildning

Det är tydligt att utbildning är en viktig faktor när det kommer till att utveckla hållbara inbyggda system.

Baserat på vad respondent A, respondent D och Verdecchia m.fl. (2021) säger går det att se likheter och skillnader när det kommer till utbildning inom hållbarhet och grön IT. En gemensam nämnare är att utbildning är viktig för att kunna implementera hållbarhetsstrategier i företaget och för att skapa en kultur som främjar hållbarhet. Både respondent D och Verdecchia m.fl. (2021) nämner att utbildning kan påverka företagsekonomiskt positivt, genom att det kan leda till kostnadsbesparingar och en ökning av brand value.

Däremot så ser respondent A utbildning mer som ett verktyg för att få anställda att ta ansvar för hållbarhet på ett individuellt plan, medan respondent D betonar vikten av att utbilda hela utvecklingsorganisationen för att prioritera hållbarhetsfrågor i backloggen. Vidare nämner respondent D också att utbildning är viktigt för att vara uppdaterade inom de senaste trenderna och teknologierna inom grön IT, medan respondent A betonar vikten av att utgå från de globala målen för hållbar utveckling.

Det är också intressant att notera att respondent D betonar att hållbarhet ibland kan leda till kostnadsbesparingar, men att det inte alltid driver medarbetarna. Detta kan tyda på att det finns en viss tröghet eller motstånd inom organisationen mot att prioritera hållbarhet.

Sammanfattningsvis kan man säga att utbildning är en viktig faktor för att främja hållbarhet inom organisationer, och att det är viktigt att utbilda både nya och befintliga anställda. Det är också viktigt att utbilda hela organisationen, inte bara enskilda individer, för att skapa en kultur som prioriterar hållbarhet.

6.1.9 Förnybara energikällor

Att använda förnybara energikällor i utvecklingen av inbyggda system är en annan viktig faktor för att minska koldioxidutsläppen.

Både respondent G och Verdecchia m.fl. (2021) är överens om att användningen av förnybara energikällor är en viktig faktor när det gäller att göra IT-system och digital infrastruktur mer hållbara. Respondent G har vidtagit åtgärder för att säkerställa att deras företags Cloud-verksamhet drivs av minst 95% förnybar energi, vilket kan anses vara ett steg i rätt riktning mot att minska företagets koldioxidavtryck och att göra verksamheten mer hållbar.

Verdecchia m.fl. (2021) betonar också att användningen av förnybara energikällor som sol-, vind- eller vattenkraft är en tillfällig lösning för att bemöta energibehovet i den digitala infrastrukturen. Enligt Verdecchia m.fl. (2021) innebär detta att det finns utmaningar som måste övervinnas för att göra användningen av förnybara energikällor mer tillförlitliga och kostnadseffektiva för digital infrastruktur.

Verdecchia m.fl. (2021) betonar att för att göra digitala system och infrastruktur mer hållbara, måste företag och organisationer inte bara använda förnybara energikällor, utan också ta hänsyn till hela livscykeln för digitala produkter och tjänster. Detta inkluderar tillverkning, distribution, användning och avveckling av produkterna och tjänsterna (Verdecchia m.fl., 2021). Företag och organisationer måste också fokusera på att minska energiförbrukningen genom att optimera system och tjänster för att använda mindre energi och minska onödig användning av resurser.

Respondent G betonar vikten av att använda förnybara energikällor, men nämner inte hela livscykeln för digitala produkter och tjänster eller optimering av energiförbrukning. Både respondent G och Verdecchia et al. (2021) poängterar dock att det är viktigt för att göra digital infrastruktur mer hållbar.

Sammanfattningsvis betonar både respondent G och Verdecchia m.fl. (2021) att användningen av förnybara energikällor är en viktig faktor för att göra IT-system och digital infrastruktur

mer hållbara. Enligt Verdecchia m.fl. (2021) är detta en viktig utveckling i riktning mot en mer hållbar framtid, men det finns utmaningar som måste övervinnas för att göra användningen av förnybara energikällor mer tillförlitliga och kostnadseffektiva för digital infrastruktur. För att göra digitala system och infrastruktur mer hållbara måste företag och organisationer också fokusera på hela livscykeln för digitala produkter och tjänster samt optimera energiförbrukningen (Verdecchia m.fl., 2021) .

6.1.10 Molnbaserade IT-system

Att använda molnbaserade IT-system kan också bidra till att minska energiförbrukningen och därmed minska koldioxidutsläppen.

I sammanhanget av molnbaserade IT-system har respondent D och respondent G gett två olika perspektiv på hållbarhetsfrågan. Respondent D fokuserar på potentialen av cloud-baserade IT-system att minska CO₂-utsläppen med upp till 98% per system. Däremot betonar respondent G betydelsen av att få energin till molnverksamhet från förnybara källor, vilket kan bidra till att göra företaget mer hållbart.

Verdecchia m.fl. (2021) stödjer respondent D:s påstående om att molnbaserade IT-system kan bidra till att minska energiförbrukningen och därmed minska CO₂-utsläppen. Verdecchia m.fl. (2021) menar på att skalbarheten och minskade omkostnaderna i molntjänster gör dem mer energieffektiva än lokala datacenter, dessutom kan molnbaserade och serverlösa applikationer utnyttja energieffektiviseringar i stora datacenter genom att tillhandahålla resurser efter behov. Enligt Verdecchia m.fl. (2021) kräver dock en övergång till molnbaserade IT-system en stor omarkitektur för att se till att en effektiv och hållbar implementering sker och utvecklare måste också skapa strategier för att mäta, övervaka och visualisera energianvändningen för sin programvara på alla nivåer.

Sammanfattningsvis visar både respondent D och forskarna Verdecchia m.fl. på potentialen av molnbaserade IT-system att minska CO₂-utsläppen och bidra till en mer hållbar miljö. Respondent G betonar också vikten av att använda förnybara energikällor för att driva molnverksamhet och därmed göra företaget mer hållbart.

6.1.11 Systematiskt Hållbarhetsarbete

Att ha ett systematiskt hållbarhetsarbete är en viktig faktor för att utveckla hållbara inbyggda system.

Både respondent G och Verdecchia m.fl. (2021) betonar vikten av att företag fokuserar på hållbarhet för att uppnå konkurrensfördelar. Respondent G menar att ett systematiskt hållbarhetsarbete och ett tänk som prioriterar hållbarhet kan differentiera företag från sina konkurrenter och möta ökade kundkrav på hållbarhet. Verdecchia m.fl. (2021) påpekar också att en ekologisk omvandling kan bidra till att företag blir mer miljövänliga och hållbara.

När det gäller att flytta till molnet, som Verdecchia m.fl. (2021) tar upp, framhålls det att detta kan kräva en omarkitekturering för att säkerställa en effektiv och hållbar implementering, och detta betonar behovet av att inte bara fokusera på att uppnå hållbarhet i produktionsprocesser, utan också i de tekniska lösningar som används.

Tillsammans visar respondent G och Verdecchia m.fl. (2021) på vikten av att företag tar hållbarhet på allvar och arbetar systematiskt för att uppnå konkurrensfördelar. En ekologisk omvandling kan hjälpa till att göra företag mer miljövänliga och hållbara, men det är också viktigt att tekniska lösningar implementeras på ett hållbart sätt för att ytterligare förbättra företagets hållbarhetsprofil.

6.1.12 Kommunikation

Att ha en öppen kommunikation med intressenter och användare är också en viktig faktor för att utveckla hållbara inbyggda system.

Respondent D betonar betydelsen av att samarbeta med andra avdelningar för att uppnå hållbarhetsmål. Respondent G menar på att genom att prioritera hållbarhetsfrågor som en del av leveranserna och att enas kring några prioriterade områden kan man enklare uppnå hållbarhetsmålen. Enligt respondent G är också viktigt att ha data för att kunna följa upp

resultaten och se till att man når sina mål. Dessa synpunkter är väl överensstämmande med vad Verdecchia m.fl. (2021) menar på och som betonar att hållbara metoder är nödvändiga för att bidra till en ekologisk omvandling.

Enligt Verdecchia m.fl. (2021) kan kommunikation spela en viktig roll i att öka medvetenheten om den påverkan på miljön som människor har genom deras användning av digital infrastruktur. Verdecchia m.fl. (2021) betonar att med hjälp av kommunikation kan denna information medföra att människor blir mer medvetna och uppmärksamma på sina handlingar, vilket kan bidra till en mer hållbar framtid. Respondent D betonar också vikten av data för att kunna följa upp resultaten och se till att man når sina hållbarhetsmål, vilket är en annan viktig faktor i en hållbar utveckling.

Slutligen kan det sägas att respondent D:s synpunkter om vikten av samarbete och prioriteringar för att uppnå hållbarhetsmål är väl i linje med Verdecchia m.fl. (2021) riktning om betydelsen av hållbara metoder och kommunikation för att bidra till en mer ekologisk omvandling.

6.1.13 Mindre svar kring verktyg

Efter att ha analyserat resultaten från intervjuerna kan vi se att respondenterna har fokuserat mer på praxis än verktyg. Det är värt att notera att intervjupersonerna bara nämnde ett fåtal verktyg och dessa verktyg skiljer sig från de verktyg som tidigare forskning har identifierat, såsom algoritmer, green software, DVS-teknik, kodoptimering, heuristiker och Green Code. Det är alltså inte så att intervjupersonerna inte överensstämmer med tidigare forskning när det gäller verktyg, utan snarare att de inte har tagit upp lika många verktyg överhuvudtaget.

En möjlig förklaring till detta är att respondenterna, som praktiker inom området, har mer erfarenhet och kunskap om vilka verktyg som är relevanta och användbara i praktiken, medan tidigare forskning har fokuserat mer på att identifiera nya och innovativa verktyg. Detta betyder dock inte att verktyg som nämns i tidigare forskning inte är relevanta eller användbara i praktiken.

Det är också möjligt att respondenterna inte var medvetna om de verktyg som har visat sig viktiga i tidigare forskning eller att de inte ansåg att dessa var lika relevanta för deras specifika projekt. Det är viktigt att notera att detta inte nödvändigtvis innebär att respondenterna inte är medvetna om vikten av hållbarhet och miljövänliga verktyg, men snarare att de prioriterar verktyg som de anser vara mer relevanta för deras projekt.

Sammanfattningsvis kan vi dra slutsatsen att det finns en tydlig skillnad i vilka verktyg som respondenterna har belyst i jämförelse med tidigare forskning. Detta kan bero på flera faktorer, inklusive respondenternas erfarenhet och kunskap om verktyg som är relevanta och användbara i praktiken, samt deras specifika projektbehov.

6.2 Bidrag

Denna studie bidrar till området “Sustainability Informatics” (Naumann m.fl. 2011, s.294).

Att integrera de praxis och verktyg som identifierats från intervjuerna och tidigare forskning i ett ramverk kan ge företag rekommendationer för att utveckla hållbara inbyggda system.

Ramverket är utformat utifrån en referensmodell och grundar sig på de tre pelarna för hållbarhet - sociala, ekonomiska och miljömässiga dimensioner. Genom att integrera relevanta praxis och verktyg för varje dimension, kan företag få rekommendationer på praxis och verktyg som bidrar till utveckling av hållbara inbyggda system.

För den sociala dimensionen kan rekommendationer inkludera att företag engagerar intressenter och använder öppen källkod för att skapa en mer öppen och inkluderande utvecklingsprocess. Vidare kan företagen tillämpa kravställning och säkerhetspraxis för att främja en trygg och säker användning av deras system. Utbildning kan också vara en viktig faktor för att säkerställa att alla i utvecklingsprocessen har rätt kompetens och kunskaper för att göra hållbara val.

När det gäller den ekonomiska dimensionen kan företag fokusera på kostnadshantering och använda molnbaserade IT-system för att minska kostnaderna för fysisk infrastruktur.

Systematiskt hållbarhetsarbete kan också främja en mer långsiktig strategi för hållbarhet som tar hänsyn till både ekonomiska och miljömässiga faktorer. Det är värt att notera att den

ekonomiska pelaren inom hållbarhet inte har lika många praxis eller verktyg tillgängliga som de andra pelarna. Detta kan vara på grund av att ekonomin är mycket kopplad till miljömässiga och sociala faktorer. Trots detta kan företag fortfarande fokusera på kostnadshantering och använda molnbaserade IT-system för att minska kostnaderna för fysisk infrastruktur inom den ekonomiska dimensionen. En systematiskt hållbarhetsarbete kan också bidra till en mer långsiktig strategi för hållbarhet som tar hänsyn till både ekonomiska och miljömässiga faktorer, vilket kan gynna både företag och samhället som helhet.

För den miljömässiga dimensionen kan rekommendationer inkludera att företag tillämpar resursoptimering, använder förnybara energikällor och främjar energieffektivitet i sina system. Materialval och livscykelbedömningar kan också vara avgörande för att säkerställa att systemen är hållbara från produktion till avveckling. Användning av datadrivna och statistiska metoder kan också hjälpa företag att mäta och förbättra miljöpåverkan av deras system.

I ramverket kan det också vara viktigt att inkludera teknisk flexibilitet och utbildning för att säkerställa att företagen har möjlighet att anpassa sig till nya teknologier och trender på ett hållbart sätt. Användning av verktyg som kodoptimering och DVS-teknik kan också bidra till att minska energiförbrukningen och öka prestandan hos systemet.

Genom att integrera alla dessa praxis och verktyg i ett ramverk kan företag få en helhetsbild av vad som krävs för att utveckla hållbara inbyggda system. Detta kan bidra till en mer strukturerad och strategisk utvecklingsprocess som tar hänsyn till både sociala, ekonomiska och miljömässiga faktorer.

6.3 Sustainability-Driven Embedded Systems Framework (SDESF)

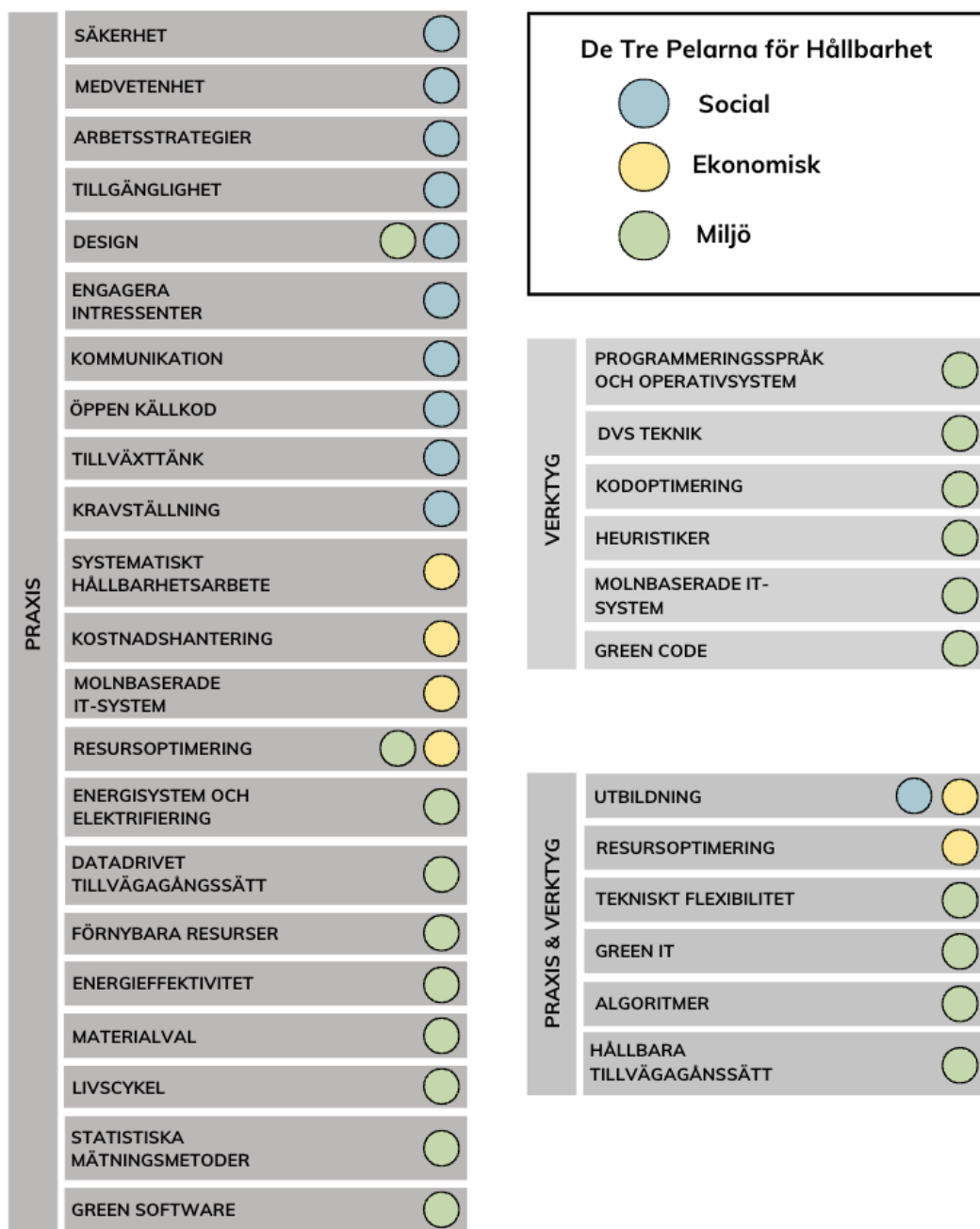
Ramverket är ett resultat av analysen. Resultatet har skapats utifrån resultaten från intervjuer och tidigare forskning för att visa på praxis och verktyg för utveckling av hållbara inbyggda system. Ramverket är inspirerat av Green Soft Model (Naumann m.fl., 2011), och är uppdelat i verktyg och praxis som är fördelade på tre pelare för hållbarhet: sociala, ekonomiska och miljömässiga aspekter (se Tabell 3).

Inom den sociala dimensionen finns det flera faktorer som är viktiga att ta hänsyn till för utvecklingen av hållbara inbyggda system. Några av dessa faktorer kan betraktas som praxis, exempelvis säkerhet, medvetenhet, arbetsstrategier, tillgänglighet, design, engagemang av intressenter, kommunikation, öppen källkod, tillväxttänk och kravställning. En annan faktor kan betraktas som både praxis och verktyg, vilket är utbildning.

Inom den ekonomiska dimensionen finns flera faktorer som är viktiga att ta hänsyn till för utvecklingen av hållbara inbyggda system. Några av dessa faktorer kan betraktas som praxis, exempelvis systematiskt hållbarhetsarbete, kostnadshantering, molnbaserade IT-system och resursoptimering. En annan faktor kan betraktas som både praxis och verktyg, vilket är utbildning.

Inom den miljömässiga dimensionen finns flera faktorer som är viktiga att ta hänsyn till för utvecklingen av hållbara inbyggda system. Några av dessa faktorer kan betraktas som praxis, exempelvis design, resursoptimering, energisystem och elektrifiering, datadrivna tillvägagångssätt, förnybara resurser, energieffektivitet, materialval, livscykel, statistiska mätningmetoder och Green Software. Andra faktorer kan betraktas som verktyg, vilket är programmeringsspråk och operativsystem, DVS-teknik, kodoptimering, heuristiker, molnbaserade IT-system och Green Code. Faktorer som kan ses som en enhet av praxis och verktyg är teknisk flexibilitet, Green IT, algoritmer och hållbara tillvägagångssätt.

SUSTAINABILITY-DRIVEN EMBEDDED SYSTEMS FRAMEWORK (SDESF)



Tabell 3- Ramverk för utveckling av hållbara inbyggda system

7. Slutsats

I detta avsnitt sammanfattas och presenteras slutsatserna som har dragits utifrån den tidigare presenterade analysen och diskussionen.

Genom att undersöka praxis och verktyg som bidrar till hållbara inbyggda system utifrån de tre pelarna för hållbarhet (ekonomisk, social och miljömässig), har det visat sig att det finns flera praxis och verktyg som kan användas för att förbättra hållbarheten hos inbyggda system. Dessa inkluderar energieffektivisering, återvinning av material, användning av förnybar energi, minskning av avfall, förbättring av arbetsförhållanden för anställda, och mer.

Genom att använda det framtagna ramverket “Sustainability-Driven Embedded Systems Framework” (SDESF), kan företag skapa rekommendationer för att utveckla sina inbyggda system mer hållbara. Sådana riktlinjer skulle kunna inkludera rekommendationer för val av miljövänliga material och energikällor, användning av energieffektiva designmetoder och tekniker för att minimera avfall och utsläpp, och en plan för att upprätthålla sociala och etiska standarder i produktionsprocessen.

Detta skulle kunna bidra till att främja en mer hållbar utveckling av inbyggda system, samtidigt som företag kan dra nytta av kostnadsbesparingar och ökad konkurrenskraft genom att minska sin miljöpåverkan och förbättra arbetsförhållandena för sina anställda.

Det är också viktigt att poängtera att en hållbar utveckling av inbyggda system inte är en enkel lösning på alla problem inom hållbarhet. Det kräver ett engagemang och en insats från alla parter, inklusive företag, regeringar och samhället i stort, för att främja en hållbar utveckling. Men genom att använda detta ramverk för att utveckla hållbara inbyggda system kan vi ta ett steg mot en mer hållbar framtid.

Det är tydligt att utvecklingen av hållbara inbyggda system är av stor betydelse för att minska vår påverkan på miljön samtidigt som ekonomiska och sociala fördelar kan uppnås. Genom

att integrera de identifierade praxis och verktyg som främjar hållbarhet i ett ramverk kan företag få rekommendationer för att utveckla sina inbyggda system på ett mer hållbart sätt.

8. Begränsningar och framtida forskning

I detta avsnitt presenteras de begränsningar som har påverkat studiens resultat och tillförlitlighet. Dessutom diskuteras framtida forskningsområden som kan bygga vidare på denna studie och ge ytterligare insikter i utvecklingen av hållbara inbyggda system.

Begränsningarna som uppmärksammades i uppsatsens slutskede inkluderade mängden och urvalet av intervjuer samt behovet av mer forskning om den praktiska implementeringen av ramverket i olika sammanhang. Framtida forskning skulle kunna utöka studiens omfattning till att omfatta en större urvalsstorlek och utforska effektiviteten av ramverket i olika branscher och de potentiella fördelarna med hållbara inbyggda system för samhället som helhet. Vidare forskning kan även bidra till att ytterligare identifiera och jämföra de verktyg och praxis som tagits fram. Framtida forskning skulle även kunna inkludera att testa och utvärdera de praxis och verktyg som det framtagna ramverket presenterar.

9. Referenser

Arvind, D. S., Abhinaya, K., Sree, V. N., Mohith, M., & Sumanth, C. (2022). RF Controlled Bike Security System with Helmet Sensor. [Elektronisk] *Journal of Science, Computing and Engineering Research*, vol. 3(1), ss.226-229. Tillgänglig: JSCER [2023-03-25]. DOI: 10.46379/jscer.2022.030110.

Backman, J. (2016). *Rapporter och uppsatser*. 3. uppl. Lund: Studentlitteratur.

Becker, C., Chitchyan, R., Duboc, L., Easterbrook, S., Penzenstadler, B., Seyff, N., & Venters, C. C. (2015). Sustainability design and software: The Karlskrona manifesto. [Elektronisk] *International Conference on Software Engineering*, Vol. 2, ss. 467-476. Tillgänglig: Scopus [2023-04-20] DOI: 10.1109/ICSE.2015.179.

Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. [Elektronisk] *Qualitative research in psychology*, vol. 3(2), ss. 77-101. Tillgänglig: Scopus [2023-04-13]. DOI: 10.1191/1478088706qp063oa.

Chantem, T., Guan, N., & Liu, D. (2019). Sustainable embedded software and systems. [Elektronisk] *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, vol. 22, ss.152-154. Tillgänglig: ScienceDirect [2023-02-21] DOI: 10.1016/j.suscom.2019.05.003.

Dictionary.com. (u.å.a). *Praxis*. Tillgänglig: <https://www.dictionary.com/browse/praxis>. [2023-04-28].

Dictionary.com. (u.å.b). *Tool*. Tillgänglig: <https://www.dictionary.com/browse/tool>. [2023-04-28].

Duru, C., Azubogu, A., & Aniedu, A. (2020). Review of embedded systems security. [Elektronisk] *Journal of Engineering and Applied Sciences*, vol. 17(2), ss.196-206. Tillgänglig: Researchgate [2023-02-27].

Denscombe, M. (2018). *Forskningshandboken: för småskaliga forskningsprojekt inom samhällsvetenskaperna*. 4. uppl. Lund: Studentlitteratur.

Ebert, C., & Montenbruck, J. M. (2022). Industry survey: The magic triangle of the new normal. [Elektronisk] *IEEE Software*, vol. 39(3), ss. 12-20. Tillgänglig: Business Source Ultimate [2023-04-10]. DOI: 10.1057/s41288-021-00230-w.

Fathurrahman, A., Bejo, A., & Ardiyanto, I. (2022). Lightweight Convolution Neural Network for Image-Based Malware Classification on Embedded Systems. [Elektronisk] *2021 International Seminar on Machine Learning, Optimization, and Data Science*, ss. 12-16. Tillgänglig: IEEE Xplore [2023-02-27]. DOI: 10.1109/ISMODE53584.2022.9743111.

Florea, A. (2017). Teaching The Microprocessors Systems Focused on Societal Challenges: Designing of Performant Cache Replacement Algorithms as Green Information Technology (IT) Solution. [Elektronisk] *Journal of Digital Information Management*, vol. 12(2), ss.50-65. Tillgänglig: Scopus [2023-02-21].

Fofou, R. F., Jiang, Z., & Wang, Y. (2021). A review on the lifecycle strategies enhancing remanufacturing. [Elektronisk] *Applied Sciences*, vol.11(13), ss. 1-24. Tillgänglig: Scopus [2023-04-13]. DOI: 10.3390/app11135937.

Gabriel, M., & Pessl, E. (2016). Industry 4.0 and sustainability impacts: Critical discussion of sustainability aspects with a special focus on future of work and ecological consequences. [Elektronisk] *Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara*, vol. 14(2), ss.131-136. Tillgänglig: Business Source Ultimate [2023-02-27].

Ghadge, A., Mogale, D. G., Bourlakis, M., Maiyar, L. M., & Moradlou, H. (2022). Link between Industry 4.0 and green supply chain management: Evidence from the automotive industry. [Elektronisk] *Computers & Industrial Engineering*, vol. 169, ss.1-14. Tillgänglig: Business Source Ultimate [2023-02-27] DOI: 10.1016/j.cie.2022.108303.

Gomes Silva, F. J., Kirytopoulos, K., Pinto Ferreira, L., Sá, J. C., Santos, G., & Cancela Nogueira, M. C. (2022). The three pillars of sustainability and agile project management: How do they influence each other. [Elektronisk] *Corporate Social Responsibility and*

Environmental Management, vol. 29(5), ss.1495-1512. Tillgänglig: Business Source Ultimate [2023-02-27] DOI: 10.1002/csr.2287.

Huang, C. W., & Tsao, S. L. (2011). Minimizing energy consumption of embedded systems via optimal code layout. [Elektronisk] *IEEE Transactions on Computers*, vol. 61(8), ss. 1127-1139. Tillgänglig: Business Source Ultimate [2023-02-27] DOI: 10.1002/csr.2287.

Karmani, M., Benhadjyoussef, N., Hamdi, B., & Machhout, M. (2021) The SHA3-512 Cryptographic Hash Algorithm Analysis And Implementation On The Leon3 Processor. [Elektronisk] *International Journal of Engineering Trends and Technology*, vol. 69(6), ss. 71-78. Tillgänglig: Scopus [2023-03-25]. DOI: 10.14445/22315381/IJETT-V69I6P210.

Lee, D. H., In, H. P., Lee, K., Park, S., & Hinchey, M. (2012). Sustainable embedded software life-cycle planning. [Elektronisk] *IEEE software*, vol. 30(4), ss. 72-80. Tillgänglig: Business Source Ultimate [2023-02-27] DOI: 10.1109/MS.2012.75.

Lykou, G., Mentzelioti, D., & Gritzalis, D. (2018). A new methodology toward effectively assessing data center sustainability. [Elektronisk] *Computers & Security*, vol. 76, ss.327-340. Tillgänglig: Business Source Ultimate [2023-02-27] DOI: 10.1016/j.cose.2017.12.008.

Lupi, F., Mabkhot, M. M., Finžgar, M., Minetola, P., Stadnicka, D., Maffei, A., Litwin, P., Boffa, E., Ferreira, P., Podrżaj, P., Chelli, R., Lohse, N., & Lanzetta, M. (2022). Toward a sustainable educational engineer archetype through Industry 4.0. [Elektronisk] *Computers in Industry*, vol. 134, ss.1-16. Tillgänglig: Business Source Ultimate [2023-02-27] DOI: 10.1016/j.compind.2021.103543.

Madhavan, M., Wangtueai, S., Sharafuddin, M. A., & Chaichana, T. (2022). The precipitative effects of pandemic on open innovation of SMEs: a scientometrics and systematic review of Industry 4.0 and Industry 5.0. [Elektronisk] *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, vol. 8(3), ss. 1-16. Tillgänglig: Business Source Ultimate [2023-02-27] DOI: 10.3390/joitmc8030152.

Nouiri, M., Trentesaux, D., & Bekrar, A. (2019). Towards energy efficient scheduling of manufacturing systems through collaboration between cyber physical production and energy systems. [Elektronisk] *Energies*, vol. 12(23), ss. 1-30. Tillgänglig: Business Source Ultimate [2023-02-21] DOI: 10.3390/en12234448.

Naumann, S., Dick, M., Kern, E., & Johann, T. (2011). The GREENSOFT Model: A reference model for green and sustainable software and its engineering. [Elektronisk] *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, vol. 1(4), ss. 294-304. Tillgänglig: ScienceDirect [2023-04-13] DOI: 10.1016/j.suscom.2011.06.004.

Niu, J., Liu, C., Gao, Y., & Qiu, M. (2014). Energy efficient task assignment with guaranteed probability satisfying timing constraints for embedded systems. [Elektronisk] *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, vol. 25(8), ss. 2043-2052. Tillgänglig: Business Source Ultimate [2023-04-13] DOI: 10.1109/TPDS.2013.251.

Nowell, L. S., Norris, J. M., White, D. E., & Moules, N. J. (2017). Thematic analysis: Striving to meet the trustworthiness criteria. [Elektronisk] *International journal of qualitative methods*, vol. 16(1), ss. 1-13. Tillgänglig: Business Source Ultimate [2023-04-13] DOI: 10.1177/1609406917733847.

Purvis, B., Mao, Y., & Robinson, D. (2019). Three pillars of sustainability: in search of conceptual origins. [Elektronisk] *Sustainability science*, vol. 14, ss.681-695. Tillgänglig: Springer [2023-04-20] DOI: 10.1007/s11625-018-0627-5

Raj, A. A. E., Bhargavi, R., Anjali, S. M., & Teja, A. (2022). Smart Traffic Management System for Priority Vehicle Clearance using IoT. [Elektronisk] *International Conference on Automation, Computing and Renewable Systems*, ss. 1-7. Tillgänglig: IEEE Xplore [2023-03-25]. DOI: 10.1109/ICACRS55517.2022.10029272.

Ranjbari, M., Esfandabadi, Z. S., Zanetti, M. C., Scagnelli, S. D., Siebers, P. O., Aghbashlo, M., Quatraro, F., Peng, W. & Tabatabaei, M. (2021). Three pillars of sustainability in the wake of COVID-19: A systematic review and future research agenda for sustainable

development. [Elektronisk] *Journal of Cleaner Production*, vol. 297, ss.1-23. Tillgänglig: Business Source Ultimate [2023-02-27] DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.126660.

Taherikhonakdar, Z., & Fazlollahtabar, H. (2023). Proposing the method for OS energy consumption measurement with energy efficiency approach. [Elektronisk] *Environmental Progress & Sustainable Energy*, ss.1-8. Tillgänglig: Wiley [2023-02-27] DOI: 10.1002/ep.14072.

Tayyab, M., Habib, M. S., Jajja, M. S. S., & Sarkar, B. (2022). Economic assessment of a serial production system with random imperfection and shortages: A step towards sustainability. *Computers & Industrial Engineering*, vol. 171, ss.1-17. Tillgänglig: Business Source Ultimate [2023-02-27] DOI: 10.1016/j.cie.2022.108398.

United Nations (u.å). *The Sustainable Development Agenda*. Tillgänglig: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/development-agenda/> [2023-03-09].

Verdecchia, R., Lago, P., Ebert, C., & De Vries, C. (2021). Green IT and green software. [Elektronisk] *IEEE Software*, vol. 38(6), ss.7-15. Tillgänglig: IEEE Xplore [2023-02-27] DOI: 10.1109/MS.2021.3102254.

Walsham, G. (2012). Are we making a better world with ICTs? Reflections on a future agenda for the IS field. [Elektronisk] *Journal of Information Technology*, vol. 27(2), ss.87-93. Tillgänglig: Sage [2023-02-27] DOI: 10.1057/jit.2012.4.

Xu, X., Lu, Y., Vogel-Heuser, B., & Wang, L. (2021). Industry 4.0 and Industry 5.0—Inception, conception and perception. [Elektronisk] *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 61, ss.530-535. Tillgänglig: Business Source Ultimate [2023-02-27] DOI: 10.1016/j.jmsy.2021.10.006.

Zangara, G., Ponterio, A., Filice, L., & Passarelli, M. (2022). " Good" technologies and business for sustainable social growth—the" PLAY" project. [Elektronisk] *Procedia Computer Science*, vol. 200, ss.1816-1825. Tillgänglig: ScienceDirect [2023-02-27] DOI: 10.1016/j.procs.2022.01.382.

10. Bilagor

Bilaga A - Intervjuguide

1. Kan du beskriva din roll och vad du arbetar med i företaget?
2. Kan du beskriva mer om företaget ni arbetar på?
3. Har ni någon erfarenhet med att arbeta med inbyggda system?
4. Vad är er definition av Grön IT?
5. Hur tror du att Grön IT kan hjälpa företag att bli mer hållbara?
6. Vilka är några strategier som du skulle använda för att minska ett företags koldioxidavtryck genom IT?
7. Arbetar ni med grön kod? (kod som är bättre/effektivare, har positiv påverkan på klimatet)
 - a. Kan du ge eller visa exempel på hur det kan se ut?
8. Vad gör ett Grönt-IT projekt framgångsrikt?
9. Vilka anser du är några av de främsta utmaningarna med att utveckla hållbara mjuk- och hårdvara inom företaget?
 - a. Hur bemöter ni de här utmaningarna?
10. Hur utbildar ni er för att hålla er uppdaterade med de senaste trenderna och teknologierna inom Grön IT?
 - a. Arbetar ni agilt?
11. Hur kan IT-avdelningar samarbeta med andra avdelningar inom en organisation för att uppnå hållbarhetsmål?
12. Hur balanserar ni de ekonomiska aspekterna när det kommer till att utveckla hållbart?
13. Har ni några intressenter, såsom kunder eller partners?
 - a. Hur engageras intressenterna i ert arbete mot utvecklingen av hållbar mjukvara?
14. Vilka är de viktigaste faktorerna för att utveckla hållbar mjukvara och hårdvara, enligt dig?
15. Hur tror du att utvecklingen av hållbara mjukvara kan gynna samhället, miljön och ekonomin på lång sikt?

Bilaga B - Intervjuguide

1. Kan du presentera dig själv och berätta lite om din erfarenhet av hållbar utveckling av inbyggda system?
2. Kan du ge några exempel på vad det är som gör inbyggda system hållbara?
3. Vilka rekommendationer har du till företag som vill utveckla sina inbyggda system på ett mer hållbart sätt, baserat på din expertis?
4. Utifrån din erfarenhet, vilka är de viktigaste faktorerna som bidrar till hållbara inbyggda system?
5. Vilka anser du är några av de främsta utmaningarna med att utveckla hållbara inbyggda system?
 - a. Hur anser du att utmaningarna ska bemötas?
6. Hur tror du att utvecklingen av hållbara inbyggda system kan gynna samhället, miljön och ekonomin på lång sikt? (dela upp alla tre om tid finns, först samhälle sen miljö sist ekonomin)
7. Till sist, hur ser du på framtiden när det kommer till utvecklingen av hållbara inbyggda system?

Bilaga C - Intervjuguide

1. Kan du beskriva din roll och vad du arbetar med i företaget?
2. Kan du beskriva mer om företaget ni arbetar på?
3. Utvecklar ni inbyggda system och i så fall vilka typer av inbyggda system utvecklar ni?
4. Vad är företagets inställning till hållbarhet och hur förhåller det sig till de inbyggda system ni utvecklar?
5. Kan du beskriva företags miljömässiga, sociala och ekonomiska hållbarhetsmetoder och hur de bidrar till hållbara inbyggda system?
6. Hur utvärderar företag hållbarheten i sina inbyggda system, och vilka mått använder ni för att mäta hållbarhet?
7. Hur säkerställer ditt företag att de inbyggda systemen utformas med hållbarhet i åtanke, från idé till avfall?
8. Kan du ge ett exempel på ett hållbart inbyggt system som ditt företag har utvecklat och beskriva de specifika metoder och verktyg som bidrog till dess hållbarhet?
9. Hur integrerar ditt företag hållbarhet i sin leverantörskedja, från inköp av råvaror till att arbeta med leverantörer?
10. Hur hanterar ditt företag utmaningarna med att balansera hållbarhet med behovet av att möta kundernas krav och konkurrens på marknaden?
11. Vilken roll spelar innovation för att utveckla hållbara inbyggda system och hur uppmuntrar ditt företag innovation inom hållbarhet?
12. Hur engagerar ditt företag intressenter, såsom kunder och anställda, för att främja hållbara metoder och inbyggda system?
13. Hur ser du på framtiden för hur hållbara metoder och inbyggda system utvecklas inom den industri ni arbetar i, och vilken roll ser du att företaget spelar i den utvecklingen?

Bilaga D - Intervjuguide

1. Kan du beskriva din roll och vad du arbetar med i företaget?
 - a. Har du någon erfarenhet inom hållbarhet i samband med inbyggda system?
 - b. Utifrån din erfarenhet, vilka faktor är viktiga att beaktas när man utvecklar ett hållbart inbyggda system?
2. Hur jobbar företaget med hållbarhet idag när det kommer till utvecklingen av inbyggda system?
 - a. Har företaget några krav på sig som ni måste arbeta mot gällande hållbarhet?
 - b. Är det några riktlinjer/faktorer/metoder som ni använder när ni utvecklar hållbara inbyggda system?
3. Arbetar ni agilt och hur isåfall?
4. Hur utbildar ni er för att hålla er uppdaterade med de senaste trenderna och teknologierna när det kommer till hållbar utveckling?
5. Vilka anser du är några av de främsta utmaningarna med att utveckla hållbara inbyggda system eller mjukvara inom företaget?
 - a. Hur bemöter företaget de här utmaningarna idag?
6. Hur ser processen ut utifrån din roll när det kommer till hållbar utveckling?
 - a. Hur ser beslutsprocessen kring hållbarhet ut när det kommer till design och utveckling av ett inbyggt system? (fabrik, virtuell miljö)
7. Hur tror du att utvecklingen av hållbara inbyggda system kan gynna samhället, miljön och ekonomin på lång sikt?
8. Har företaget några intressenter, så som kunder eller partners?
 - a. Påverkar intressenterna ert sätt att arbeta hållbart? (Styrgrupper, Västra götalands, Volvo)
 - b. Hur engageras intressenterna i ert arbete mot utvecklingen av hållbara inbyggda system?
9. Hur arbetar företaget för att uppmuntra till hållbara metoder i utvecklingen av inbyggda system?
10. Till sist, vilka rekommendationer har du till företag som vill utveckla sina inbyggda system på ett mer hållbart sätt, baserat på din expertis (resurshantering, engagemang, kunskap)

Bilaga E - Författarnas bidrag

Författarnas bidrag till denna kandidatuppsats var omfattande och involverade aktiv medverkan i varje steg av forskningsprocessen. Detta innebar att arbetet delades upp lika mellan författarna, för att effektivisera arbetsprocessen.

Båda författarna var ansvariga för att genomföra litteratursökningen för att identifiera tidigare forskning och relevant teori som kunde kopplas till forskningsämnet. De samarbetade för att definiera den strategi som skulle användas för att söka efter artiklarna och de databaser som skulle användas. Genom att kombinera sina färdigheter och erfarenheter kunde de hitta en bredd av källor som var relevanta för uppsatsens ämne.

Båda författarna var ansvariga för att genomföra semistrukturerade intervjuer med deltagarna. De arbetade tillsammans för att utveckla frågeformuläret, vilket innebar att de drog nytta av varandras expertis och erfarenheter för att säkerställa att frågorna var väl formulerade och täckte alla relevanta ämnen. Författarna delade upp intervjutillfällena så att båda fick möjlighet att agera som intervjuare. Den ena författaren var då ansvarig för att genomföra intervjuerna medan den andra författaren ansvarade för tekniska detaljer som att säkerställa att inspelningen fungerade. Genom att dela upp uppgifterna kunde de fokusera på att få ut så mycket relevant information som möjligt från intervjupersonerna samtidigt som de säkerställde att alla intervjuer spelades in på ett tillförlitligt sätt.

Båda författarna arbetade tillsammans för att utveckla ett ramverk som skulle användas för att besvara forskningsfrågorna. De samarbetade för att utveckla en struktur som skulle vara användbar för att organisera och analysera resultaten. Genom att kombinera sina färdigheter och perspektiv kunde de skapa ett ramverk som var adekvat och strukturerat. Under processen diskuterade de regelbundet ramverket och gjorde justeringar för att säkerställa att det var tillräckligt lämpligt för ändamålet.

Författarna var också aktiva med att bidra med kritiskt tänkande och reflektion genom hela processen. Författarna var inte rädda för att utmana varandra och ifrågasätta resultaten för att säkerställa att de var välgrundade och adekvata. Författarnas bidrag innefattade också att samarbeta och diskutera idéer och resultat under hela forskningsprocessen. Slutligen

samarbetade författarna för att skriva och redigera uppsatsen för att säkerställa att den var lätt att följa, välstrukturerad och presenterade resultaten på ett lättförståeligt sätt.



Nicole Karlsson Farias



Carolin Svensson Tynkkynen



HÖGSKOLAN VÄST
Institutionen för ekonomi och IT
Avdelningen för informatik
461 86 TROLLHÄTTAN
Tel 0520-22 30 00
www.hv.se