



CHALMERS

Utveckling av ett pedagogiskt spel för undervisning inom underhåll

Kandidatarbete inom civilingenjörsprogrammet Maskinteknik

SARA LINGEGÅRD

MAX MODIG

NATALIE NYBERT

PATRIK OLSSON

CAMILO RAMIREZ

KASPER THIM

Utveckling av ett pedagogiskt spel för undervisning inom underhåll

SARA K. LINGEGÅRD

MAX A.E. MODIG

NATALIE C. NYBERT

PATRIK M. OLSSON

CAMILO C. RAMIREZ

KASPER U. THIM

Institutionen för produkt- och produktionsutveckling

Avdelningen för Produktionssystem

CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Göteborg, Sweden 2015

Utveckling av ett pedagogiskt spel för undervisning inom underhåll

SARA K. LINGEGÅRD

MAX A.E. MODIG

NATALIE C. NYBERT

PATRIK M. OLSSON

CAMILO C. RAMIREZ

KASPER U. THIM

© SARA K. LINGEGÅRD, MAX A.E. MODIG, NATALIE C. NYBERT,
PATRIK M. OLSSON, CAMILO C. RAMIREZ, KASPER U. THIM, 2015.

Institutionen för produkt- och produktionsutveckling

Avdelningen för Produktionssystem

Chalmers tekniska högskola

SE-412 96 Göteborg

Telefon + 46 (0)31-772 1000

FÖRORD

Denna kandidatuppsats skrevs under våren 2015 vid Institutionen för produkt- och produktionsutveckling på avdelningen Produktionssystem på Chalmers Tekniska Högskola, av studenter från maskinteknik och industriell ekonomi.

Vi författare vill först och främst rikta ett stort tack till våra handledare Jon Bokrantz och Torbjörn Ylipää som har delat med sig av sin kunskap och på ett ovärderligt vis väglett oss i arbetet, utan dem hade resultatet som det blev inte varit möjligt. Vi vill också tacka institutionen och vår examinator Anders Skoogh för att vi fått friheten att själva utveckla våra idéer och blivit anförtrödda med ansvaret för arbetet. För all hjälp inför slutinlämningen vill vi också rikta ett tack till Claes Ohlsson, på Avdelningen för fackspråk och kommunikation vid Institutionen för tillämpad informationsteknologi på Chalmers tekniska högskola, som outtröttligt besvarat alla våra frågor.

Utöver det vill vi rikta ett tack till de som gjort vår benchmarking-studie möjlig: Leo Hagberg och Tomas Henriksson från OEE Consultants AB, Ola Hultkrantz och Ludvig Lindlöf vid Chalmers Tekniska Högskola, Chalmers Teknologkonsulter, gruppen teknologer från årskurs två på industriell ekonomi och Joakim Hillberg från Revere AB.

Sara Lingegård, Max Modig, Natalie Nybert, Patrik Olsson, Camilo Ramirez och Kasper Thim.

Göteborg 2015-05-19

Development of a Game for Education within Maintenance
SARA K. LINGEGÅRD, MAX A.E. MODIG, NATALIE C. NYBERT,
PATRIK M. OLSSON, CAMILO C. RAMIREZ, KASPER U. THIM
Department of Product and Production Development
Division of Production Systems
Chalmers University of Technology

ABSTRACT

The importance of maintenance in the manufacturing industry has risen in recent decades, among other things because it has become even more critical to avoid breakdowns. If companies work with developing their maintenance it can give positive effects on quality and efficiency within the production. To succeed with maintenance, knowledge within the area is considered a critical resource, which is why methods to teach maintenance should be expanded. An emerging method in education is integration of educational games, whose advantages include a strong increase in engagement and the possibility to dynamically adjust to the student's rate of learning. The advantages of educational games together with the importance of maintenance and maintenance knowledge mean that it is of interest to develop an educational game that teaches a holistic perspective on maintenance. Because of the large scope such a game needs, only an initial game concept for this game has been produced. To ease the concept development, the process was based on three questions. These were, to summarize, *who* is the game for, *what* shall be taught and *how* should it be taught.

The study has been focused on the discrete manufacturing industry. Relevant knowledge has been gathered in three areas: maintenance, learning theory and educational game development. Knowledge has been obtained from publications such as articles, web-based sources and books. In addition to the collected knowledge, a benchmarking study of educational games has been conducted. The benchmarking study has then been used as input for the concept development.

The game concept is created for university students who fulfill given knowledge prerequisites, and contains a holistic perspective on maintenance in manufacturing businesses. The produced game concept is intended to be realized into a computer game. The concept is based around three distinct roles, which are dependent on each other to be able to achieve the goals of the game. It also comprises four levels in order to enable a successive increase in breadth and depth of the knowledge without overwhelming the players. Through completing all four levels and the following discussion, the players will have been presented with and taught a holistic view of maintenance in manufacturing companies. The game concept also includes suggestions for the user interface, and in the study a proposal for continued development of the concept has been presented. If the concept is realized and a game is completed, knowledge about the importance of maintenance can be passed on to the manufacturing industry and enable a more efficient and sustainable production.

The report is written in Swedish.

Keywords: Maintenance, Production, Serious games, Education

Utveckling av ett pedagogiskt spel för undervisning inom underhåll
SARA K. LINGEGÅRD, MAX A.E. MODIG, NATALIE C. NYBERT,
PATRIK M. OLSSON, CAMILO C. RAMIREZ, KASPER U. THIM
Institutionen för produkt- och produktionsutveckling
Avdelningen för Produktionssystem
Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Betydelsen av underhåll för den producerande industrin har under de senaste årtiondena ökat, bland annat på grund av att det blivit ännu mer kritiskt att undvika haverier. Om företag arbetar med att utveckla sitt underhåll kan det ge positiva effekter på kvalitet och effektivitet inom produktionen. För att lyckas med underhåll anses kunskap inom området vara en kritisk resurs, varför metoder för att lära ut underhåll bör utökas. En framväxande metod inom utbildning är integrering av pedagogiska spel, vilkas fördelar inkluderar en stark ökning av engagemang och möjligheten att möta elevens inlärningstakt dynamiskt. Fördelarna med pedagogiska spel samt betydelsen av underhåll och kunskap inom underhåll innebär att det är av intresse att utveckla ett pedagogiskt spel som lär ut en helhetssyn på underhåll. På grund av den stora omfattning ett sådant spel behöver ha har endast ett initialt spelkoncept för detta pedagogiska spel tagits fram. För att underlätta konceptgenereringen utgick processen från tre frågeställningar. Dessa har varit, kortfattat, *vem* är spelet till för, *vad* ska läras ut och *hur* ska det läras ut.

Studien har fokuserats på diskret producerande industri. Relevant kunskap har inhämtats inom tre områden: underhåll, inlärningsteori samt pedagogisk spelutveckling. Kunskapen har erhållits från publikationer så som artiklar, nätbaserade källor samt böcker. Utöver den insamlade kunskapen har en benchmarking-studie av pedagogiska spel genomförts. Benchmarking-studien har sedan använts som bidrag till konceptgenereringen.

Spelkonceptet är utformat för högskolestudenter som uppfyller givna förkunskapskrav, och behandlar en helhetssyn på underhåll för producerande verksamheter. Spelkonceptet är tänkt att realiseras till ett datorspel. Konceptet är upplagt kring tre distinkta roller, vilka är beroende av varandra för att kunna uppnå målen i spelet. Det innefattar även fyra nivåer för att möjliggöra en successiv ökning av kunskapsbredden och -djupet utan att överbelasta spelarna. Genom att ta sig genom de fyra nivåerna med efterföljande diskussion, kommer spelarna att ha presenterats för och lärt sig en helhetssyn på underhåll inom producerande företag. Spelkonceptet innefattar också förslag till gränssnittet, och i studien har även förslag till vidareutveckling av spelkonceptet getts. Om konceptet realiseras och ett spel framställs kan kunskap om underhållets betydelse föras vidare till den producerande industrin och möjliggöra en mer effektiv och hållbar produktion.

Nyckelord: Underhåll, Produktion, Serious games, Pedagogik

Innehållsförteckning

1.	INLEDNING	1
1.1	BAKGRUND.....	1
1.2	SYFTE	2
1.3	PROBLEMFÖRMULERING	2
1.4	FRÅGESTÄLLNINGAR	3
1.5	AVGRÄNSNINGAR	3
2.	TEORI	5
2.1	UNDERHÅLL.....	5
2.1.1	<i>Underhållets utveckling</i>	5
2.1.2	<i>Underhållstyper</i>	6
2.1.2.1	Förebyggande underhåll.....	6
2.1.2.2	Avhjälpan underhåll	6
2.1.2.3	Korrelationen mellan förebyggande och avhjälpan underhåll	7
2.1.2.4	Tillståndsbaserat underhåll	7
2.1.2.5	Förutbestämt underhåll.....	8
2.1.2.6	Akut eller uppskjutet avhjälpan underhåll	10
2.1.3	<i>Underhåll ur ett ekonomiskt perspektiv</i>	10
2.1.4	<i>Mätetal som beslutsunderlag</i>	12
2.1.5	<i>Organisering av underhållsarbetet</i>	19
2.1.6	<i>Underhållskoncept</i>	19
2.1.7	<i>Hållbarhet inom underhåll</i>	20
2.2	INLÄRNING	21
2.2.1	<i>Lärandemodell</i>	21
2.2.2	<i>Upplevelsebaserat lärande</i>	23
2.2.3	<i>Vad hindrar lärande?</i>	24
2.3	SPELIFIERING OCH SPELANVÄNDNING	24
2.3.1	<i>Definition</i>	25
2.3.2	<i>Användningsområden för motiverande spel</i>	25
2.3.3	<i>Flow inom spel</i>	26
2.3.4	<i>Social gameflow</i>	27
2.3.5	<i>De fyra spelartyperna</i>	29
2.3.6	<i>PBL-baserad spelimplementering</i>	30
2.3.7	<i>Implementationsmodell från Gamification Fieldbook</i>	32
2.3.8	<i>Iterativ speldesign</i>	33
3.	METOD	35
3.1	PROBLEM.....	35
3.2	LITTERATURSTUDIE.....	35
3.3	BENCHMARKING.....	37
3.4	KONCEPTGENERERING	40
3.5	VERIFIERING	41
4.	SPELET	43
4.1	SPELETS BAKGRUND	43
4.2	INTRODUKTION TILL SPELET	44
4.3	NIVÅER.....	45
4.3.1	<i>Kommunikation i spelet</i>	45

4.3.2	Lärandemål och mål för nivåerna	46
4.3.3	Möjlig problematik med nivåerna	48
4.4	SPELETS ROLLUPPDELNING.....	49
4.4.1	Motivationen bakom rolluppdelening.....	49
4.4.2	Roller och social gameflow.....	50
4.4.3	Möjlig problematik med rolluppdelening.....	51
4.5	INFORMATION OCH BESLUT.....	51
4.5.1	Information och beslut på varje nivå.....	53
4.5.2	Möjlig problematik med informationsflödet och beslutsfattandet	56
4.6	SPELETS RESPONS	57
4.6.1	Feedback	57
4.6.2	Falsk feedback	58
4.6.3	Event.....	59
4.6.4	Möjlig problematik med spelets respons.....	59
4.7	ANVÄNDARGRÄNSSNITT OCH VISUALISERINGAR.....	60
4.8	BENCHMARKING-STUDIENS PÅVERKAN PÅ SPELET	61
4.9	VERIFIERING AV KONCEPTET	62
4.9.1	Verifiering mot frågemodellen	62
4.9.2	Verifiering mot inlärningsteorin	62
4.9.3	Verifiering mot de fyra spelarterna	63
4.9.4	Verifiering mot ramverket problembaserat lärande	64
4.10	VIDAREUTVECKLING	66
4.10.1	Vidareutveckling med iterativ spelutveckling	66
4.10.2	Viktiga testvariabler.....	66
5.	DISKUSSION OCH SLUTSATS.....	69
5.1	TROVÄRDIGHETSANALYS	69
5.1.1	Spelets bidrag till underhållsutvecklingen.....	69
5.1.2	Svaret på "Vem"	70
5.1.3	Svaret på "Vad"	70
5.1.4	Svaret på "Hur"	70
5.1.5	Trovärdigheten i benchmarking-studien	71
5.1.6	Avgränsningarnas påverkan på projektet.....	71
5.2	VÄGSKÄL.....	72
5.3	FÖRBÄTTRINGSMÖJLIGHETER	73
6.	SLUTSATS.....	75

REFERENSER

BILAGA A - VERIFIERINGSMODELLEN

BILAGA B - FRÅGOR INFÖR WORKSHOPEN

BILAGA C - RESULTATET FRÅN KJ SHIBA-ANALYSEN

BILAGA D - GÖKBOET AB

BILAGA E - BENCHMARKINGRESULTAT

BILAGA F - BESLUT, INFORMATION OCH EVENT FÖR VIDAREUTVECKLING

BILAGA G - ANVÄNDARGRÄNSSNITTET

1. INLEDNING

Kapitlet inleds med en bakgrund som belyser betydelsen av underhåll samt fördelarna med att applicera spelintegrering inom utbildning. Efter detta definieras ett syfte som bryts ner i en problemformulering, vilken mynnar ut i tre frågeställningar. Sist i kapitlet presenteras projektets tre avgränsningar.

1.1 Bakgrund

Det traditionella synsättet inom underhåll har varit att det är ett nödvändigt ont och att inget eller mycket lite kan göras för att minska underhållskostnaderna (Ashayeri et al., 1996; Alsyouf, 2009). Fokus har istället legat på att göra underhållsinsatser så korta som möjligt för att minimera stopptider (Hagberg & Henriksson, 2011). Under 90-talet förändrades denna syn och företag började planera sina underhållsinsatser i större grad. Detta avdramatiserade underhållsarbetet från att ha varit en akut insats till något som systematiskt kan planeras, vilket, trots underhållets betydelse, har gett det en mindre uppmärksam roll i företaget (Ashayeri et al., 1996; Hagberg & Henriksson, 2011).

Synen på underhållets påverkan skiljer sig mellan olika delar av ett företag; ekonomiavdelningen ser underhåll i form av kostnadsposter, företagsledningen i form av lönsamhet och produktion i form av prestanda och tillgänglighet på dess enheter. Det finns därför ett behov av att visa på hur underhåll kan påverka företags lönsamhet (Alsyouf, 2007).

Viss utveckling av underhåll har möjliggjorts tack vare tekniska framsteg. Exempelvis kan maskiners skick övervakas effektivare för att säkerställa att underhåll inte sker i onödan eller för sent. Utvecklingen av dagens teknik har även inneburit att företag arbetar mer med *just-in-time*, med inga eller få produkter i lager, vilket medför att haverier blir extra kritiska att undvika (Alsyouf, 2009; Ashayeri et al., 1996). Underhåll kan förutom att ses som en kostnadsdrivare även användas för att säkerställa en stabil produktion. Genom att arbeta med underhåll kan företag öka sin effektivitet och kvalitet samt minimera problem kopplade till säkerhet och miljö, vilket ger positiva följd effekter på företagets långsiktiga konkurrensfördel (Alsyouf, 2004; Alsyouf, 2007). För att lyckas med underhåll anses kompetens, utbildning och personalutveckling vara kritiska faktorer (Alsyouf, 2009). Därför bör metoder som förmedlar kunskap om underhåll och dess betydelse utökas.

En framväxande metod inom utbildning är spelifiering av och integrering av spel i inlärningsprocesser (de Sousa Borges et al., 2014). Detta då spelifiering och spelintegrering har visats öka bland annat motivation, prestation (Meckler et al., 2013), medverkande och inläring i utbildningsprocesser (Barata et al., 2013). Spel har också som fördel att de är *interaktiva*, det vill säga att spelare och spelet kontinuerligt utbyter information, *uppslukande*, det vill säga de fångar och håller spelares uppmärksamhet, samtidigt som det ger *omedelbar respons*; spelare kan direkt se resultaten av sina val (Moeller & White, 2008).

Spel kan dessutom ofta möta spelarens inlärningstakt dynamiskt, vilket bidrar till att spelaren varken upplever uttråkning eller frustration (Barata et al., 2013; Chen, 2007). Spel fungerar också bra i kombination med andra sorters utbildningsmaterial, då spelprocessen kan anpassas till att direkt facilitera reflektion kring och möjliggöra användning av det spelaren hittills har lärt sig (Bodnar & Clark, 2014). Dessa fördelar gör att inlärningsprocesser ofta blir naturliga måltavlor för spelifiering och spelintegrering (de Sousa Borges et al., 2014; FAS, 2006).

På grund av den bristande uppmärksamheten kring underhåll (Ashayeri et al., 1996) samt de positiva effekterna som kan uppnås genom ett effektivt underhållsarbete (Alsyouf, 2004) är det av intresse att utveckla ett pedagogiskt spel för att lära ut viktiga koncept, metoder och samband inom underhåll. På detta sätt kan mindre uppmärksammade delar inom underhåll framhävas tack vare de positiva fördelarna med spelifiering samt spelintegrering. Spelet kommer därmed kunna användas som ett verktyg för utbildning och på detta sätt sprida kunskapen om underhållets betydelse inom industrin.

1.2 Syfte

Syftet är att ta fram ett initialt spelkoncept för ett pedagogiskt spel som till en relevant målgrupp förmedlar vikten av ett bra underhåll för producerande företag samt skapar en förståelse för underhållets möjligheter. Detta koncept ska sedan kunna vidareutvecklas och realiseras efter projektets slut.

1.3 Problemformulering

Projektets syfte kan delas upp i tre övergripande, sekventiella underproblem. Dessa presenteras här efter i turordning.

Det första som måste fastställas är vilken målgrupp det utvecklade spelet ska rikta sig till för att effektivt öka medvetenheten kring vikten av underhåll inom producerande verksamheter. Detta är centralt då hänsyn måste tas till målgruppens bakgrund samt de förkunskaper de har att bygga på, för vidare inlärning (Graham et al., 2014).

Utifrån den definierade målgruppen måste det sedan avgöras vilka teorier, metoder och idéer inom underhåll det är meningen att spelarna ska utforska och ta åt sig under spelets gång. För att utveckla ett ändamålsenligt spel behövs en studie inom ämnet underhåll göras för att förstå vilka aspekter som är viktiga att belysa och de problem som ofta uppstår eller förbises i industrin. Det finns olika synsätt på underhåll och vad som är viktig kunskap att lära ut och förstå. Genom underhåll kan förbättringar åstadkommas inom flera olika områden. Det kan bland annat vara en fråga om säkerhet, kvalitet, miljö, ergonomi eller helt enkelt företagets lönsamhet (Alsyouf, 2004). Eftersom underhåll är ett omfattande ämnesområde är det nödvändigt att avgränsa spelet för att det ska bli möjligt att utveckla. Att försöka förmedla för mycket information riskerar dessutom att förvirra och överväldiga spelarna (Chen, 2007). Det är därför av vikt att balansera informationen som varje spelare måste ta in för att optimera inläringen.

Till sist måste ett koncept tas fram för hur spelet på bästa sätt ska uppnå dessa mål; vilka spelmekaniker som fungerar bäst för att engagera och instruera den utvalda målgruppen i den

teori som har valts ut. Spelkonceptet måste baseras på vem spelet är avsett att spelas av, och vad syftet med spelet är (Graham et al., 2014). De variabler som måste tas hänsyn till inför en framtagning av ett spelkoncept är bland andra spelets format, upplägg och målsättning, antalet spelare, existensen och funktionen av en spelledare, samt informationsflödet mellan spelet och dess aktörer (Kapp et al., 2014; Watson & Fang, 2012).

1.4 Frågeställningar

Från den beskrivna problemformuleringen härleds följande tre frågeställningar:

1. *Vem* ska spelet rikta sig mot och vilka är målgruppens förutsättningar och behov?
2. *Vad* ska spelet lära ut, vilken del av etablerad underhållsteori ska det omfatta?
3. *Hur* ska spelet läggas upp och vilka spelmekaniker ska användas för att på bästa sätt underlätta inläringen?

Svaren på de första frågorna kommer ha en direkt påverkan på efterföljande frågor och det är därmed av stor vikt att behandla frågeställningarna enligt den numeriska ordningen.

1.5 Avgränsningar

Projektets nytta definieras endast i relation till diskret producerande industri. Det är möjligt att resultatet kan vara av värde även utanför denna sektor, men detta är inget som tas hänsyn till i projektet. Det kan dock vara aktuellt att inkludera övriga sektorer vid en eventuell vidareutveckling av spelet.

Utvecklingen av spelkonceptet kommer ske med fokus mot en avgränsad målgrupp, vilket kommer ha en direkt påverkan på spelets upplägg och innehåll.

Konceptets innehåll avgränsas från att behandla samtlig relevant teori för den aktuella målgruppen inom området underhåll. Urvalet av relevant teori som bör tas upp i spelet kommer ske med hjälp av den kunskap som handledare på Institutionen för produkt- och produktionsutveckling på Chalmers tekniska högskola besitter. Det härleds till begränsningar i spel-mediet, som har en begränsad bandbredd för informationsförmedling.

2. TEORI

I detta avsnitt beskrivs de fyra teoretiska grundpelarna för projektet: underhåll, inlärningsteori, spelifiering och benchmarking. Först redogörs i avsnitt 2.1 för underhållets komponenter och dess betydelse. I avsnitt 2.2 beskrivs inlärningsteori och vilka parametrar som påverkar inlärning. Spelifieringen i avsnitt 2.3 behandlar grundläggande teori kring användningen av spel och spelelement för motivation, träning och inlärning. Metoder för implementationen av motiverande spel i en pedagogisk kontext förklaras också.

2.1 Underhåll

Underhåll är en verksamhetsfunktion som ska stödja den primära processen i en organisation (Alsayouf, 2009) och ska anses som en av företagets grundläggande processer (Pintelon et al., 2000). Underhåll är en kombination av alla tekniska och administrativa åtgärder samt ledningsåtgärder som syftar till att under en enhets livstid upprätthålla eller återställa denna till ett tillstånd där den kan utföra en krävd funktion (EFNMS, 2015). Målet med underhåll i företag är enligt Zhu et al., (2002) att:

- öka den primära processens funktionalitet
- öka den primära processens prestanda
- tillgodose krav inom bland annat säkerhet och miljö på ett kostnadseffektivt sätt

2.1.1 Underhållets utveckling

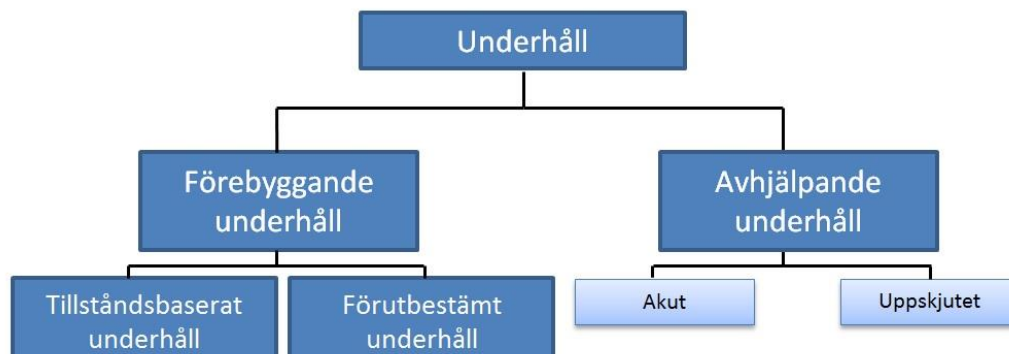
Från 30-talet till millenieskiftet har underhåll utvecklats i tre generationer (Moubray, 1997). Under första generationen, tiden innan andra världskriget, var inte industrier högt mekaniserade, vilket innebar att driftstopp inte spelade så stor roll. På grund av simpliciteten hos utrustningen var den också mycket lätt att underhålla, vilket innebar att kravet på systematiskt underhåll var lågt (Moubray, 1997). Tidigare sågs underhåll endast som reparationsarbete. Maskiner gick tills de havererade och det fanns inga sätt att förutspå fel (Mobleby, 2002; Seliger, 2007).

Andra generationen börjar strax efter andra världskriget, vilket gav upphov till ökad mekanisering av industrin till följd av ökad efterfrågan (Moubray, 1997). Allt eftersom produktionen förlitade sig mer och mer på maskinerna ökade kraven på tillgänglighet, och med det följde tanken att fel kunde och skulle förebyggas. Detta gav upphov till *förebyggande underhåll*. Eftersom bundet kapital i maskiner ökade då maskineriet blev mer avancerat växte även intresset att förlänga inventariers livslängd (Moubray, 1997).

Tredje generationen startar vid 70-talet och under denna generation har förändringarna i industrin fått ännu större drivkraft, vilket har ökat kraven på tillgänglighet och tillförlitlighet ytterligare (Moubray, 1997). Vad som karaktäriserar denna generation är även bland annat de ökade kraven på arbetsmiljösäkerhet samt minskad miljöpåverkan (Moubray, 1997).

2.1.2 Underhållstyper

Underhåll delas upp i två huvudgrupper: avhjälpande underhåll och förebyggande underhåll, vilka sedan delas upp vidare (Figur 2.1). I detta avsnitt förklaras samtliga grupper i figuren, från vänster till höger, uppifrån och ned, vilket innebär att de två huvudgrupperna förklaras först, samt korrelationen mellan dessa för att följas av undergrupperna.



Figur 2.1: Underhållets uppdelning, översatt och förenklad från Svensk standard (2010, s. 20)

2.1.2.1 Förebyggande underhåll

Förebyggande underhåll är underhåll som används innan fel uppstått (Johansson, 1993), och definieras som “det underhåll som utförs vid förutbestämda intervall eller enligt förutbestämda kriterier i avsikt att minska felsannolikheten eller förhindra funktionsförsämring hos en enhet” (Svensk Elstandard, 2000).

Förebyggande underhåll är schemalagt underhåll (Anderson & Neri, 1990) och är den av underhållsprocesserna som många företag lägger ner mest resurser på (Hagberg & Henriksson, 2011). Det innefattar bland annat systematiska kontroller, rengöring och smörjning som krävs för att upprätthålla en säker och effektiv produktion (Anderson & Neri, 1990). Genom att åstadkomma en bra och välfungerande strategi för förebyggande underhåll ger detta företaget goda effekter. Detta påverkar bland annat tillgängligheten, anläggningsutnyttjandet och säkerheten positivt (Hagberg & Henriksson, 2011).

Förebyggande underhåll delas upp i två kategorier: tillståndsbaserat underhåll och förutbestämt underhåll (Svensk standard, 2010).

2.1.2.2 Avhjälpande underhåll

Avhjälpande underhåll är underhåll som används efter fel uppstått (Anderson & Neri, 1990; Johansson, 1993), och definieras som “det underhåll som utförs efter felupptäckt och avser att återställa en enhet till ett tillstånd där den kan utföra en krävd funktion” (Svensk Elstandard, 2000).

Att organisera ett fungerande och effektivt avhjälpande underhåll i företaget har sina fördelar. Det gör det möjligt att åstadkomma kortare produktionsstopp och därmed få en högre

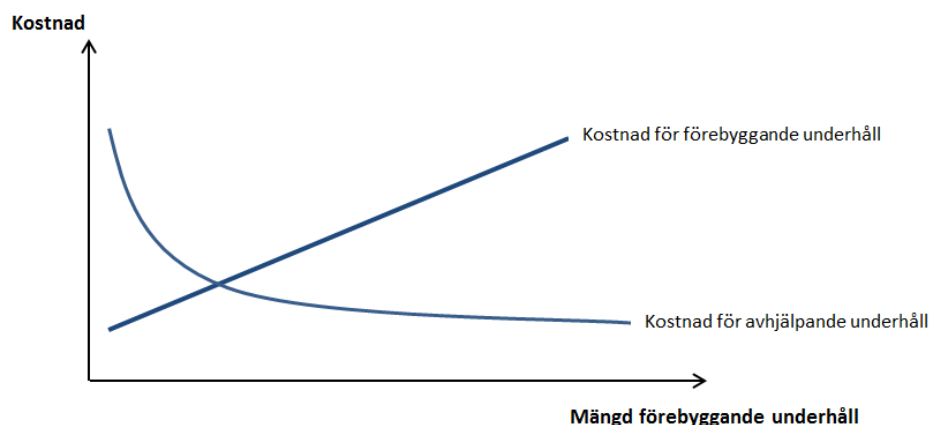
tillgänglighet, samtidigt som det har en förmåga att sänka direkta underhållskostnader (Hagberg & Henriksson, 2011).

Avhjälpan underhåll är beroende av hur personal tidigare utfört underhåll på enheten, alltså hur väl det förebyggande underhållet har utförts samt hur modifieringar för att motverka fel genomförts (Hagberg & Henriksson, 2011). Därav är det mindre väsentligt att mäta tiden det tar att återställa den trasiga enheten till normal nivå, utan det bör istället läggas vikt på att dokumentera hur väl det avhjälpan underhållet har utförts med olika nyckel- och måtetal (Hagberg & Henriksson, 2011; Mobley, 2014), vilka förklaras djupare i avsnitt 2.1.4.

Avhjälpan underhåll delas upp i två olika grupper: akut och uppskjutet avhjälpan underhåll (Svensk standard, 2010).

2.1.2.3 Korrelationen mellan förebyggande och avhjälpan underhåll

Med förebyggande underhåll är det möjligt att nästintill undvika stopp, men för att åstadkomma det krävs höga investeringar som ibland kan medföra mer förluster än vinster för företaget (Hagberg & Henriksson, 2011). Det gäller därmed att hitta en kombination mellan förebyggande och avhjälpan underhåll, då kostnaden för avhjälpan underhåll minskar då mängden förebyggande underhåll ökar (Figur 2.2), för att erhålla ett lönsamt underhåll (Hagberg & Henriksson, 2011; Mobley, 2002).



Figur 2.2: Korrelationen mellan mängden avhjälpan underhåll och förebyggande underhåll samt deras kostnader, förenklad version från Johansson (1997, s. 42)

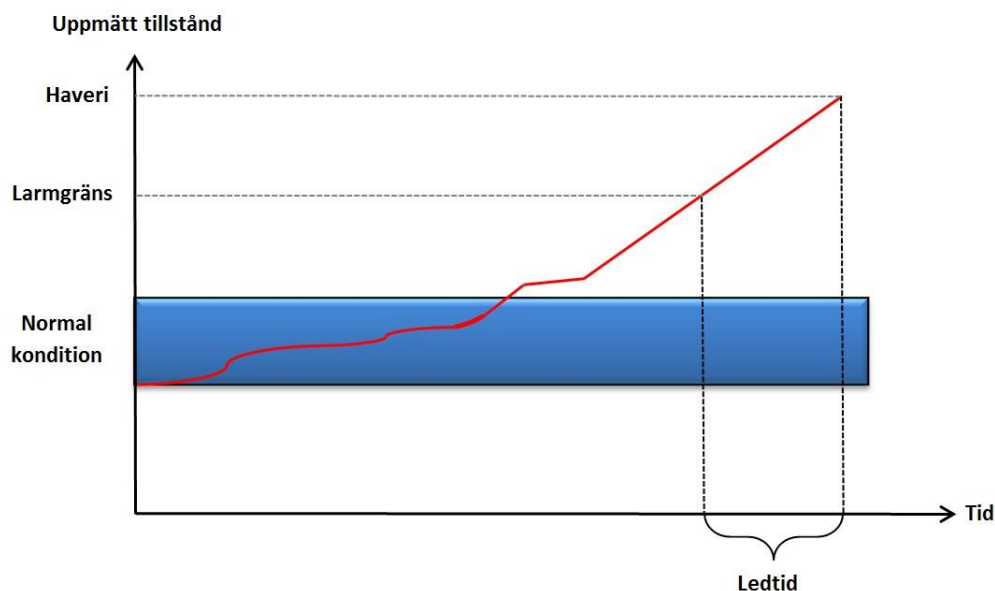
2.1.2.4 Tillståndsbaserat underhåll

Tillståndsbaserat underhåll innebär att "bibehålla önskade funktioner genom systematisk tillämpning av analysteknik och användande av övervakningsutrustning och/eller sampel för att minimera förebyggande underhåll och att reducera avhjälpan underhåll" (Svensk Elstandard, 2000).

Tillståndsövervakning, som är en del av det förebyggande underhållet, har traditionellt delats upp i två delar, en subjektiv och en objektiv (Johansson, 1997). Den förstnämnda delen handlar om den mänskliga förmågan att identifiera fel på produktionen tack vare individens sinnen. Den objektiva övervakningen innebär att använda sig av givare som indikerar när

problemet uppstår eller kommer att uppstå. På företag med mindre bemanning är det av större vikt att använda den objektiva tillståndsbevakningen, då färre arbetare har mindre chans att upptäcka eventuella fel med hjälp av subjektiv tillståndsövervakning (Johansson, 1997).

Ett tillståndsbaserat underhåll kan ske via regelbundna mätningar eller via kontinuerliga övervakningar (Hagberg & Henriksson, 2011). För att tillståndsbaserat underhåll ska fungera är det nödvändigt att identifiera mätbara parametrar som kan informera om vilket tillstånd enheten befinner sig i (Chen et al., 1994), och utifrån dessa planera underhållsinsatserna. För varje parameter bestäms en normalnivå, vilken den ska befinna sig under, och överstiger parametern normalnivån ska ett larm gå som varnar operatören. Det är viktigt att larmgränsen ligger på en nivå som ger tillkallad reparatör tillräckligt med tid för att identifiera felkällan och åtgärda felet innan haveri uppstår (Hagberg & Henriksson, 2011), vilket Figur 2.3 illustrerar.



Figur 2.3: En illustration av en parameters status och dess normalnivå. Hämtad från Hagberg & Henriksson (2011, s. 326)

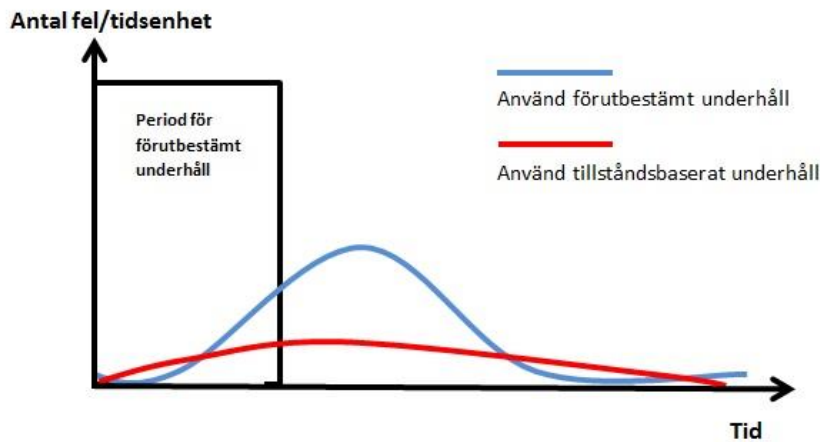
2.1.2.5 Förutbestämt underhåll

Förutbestämt underhåll är “det förebyggande underhåll som utförs enligt ett fastställt tidsschema” (Svensk Elstandard, 2000).

För att undvika haverier brukar det förutbestämda underhållet utföras, vilket medför kostnader för produktionsstopp och det faktiska underhållet (Kobbacy & Murthy, 2008). Det vill säga att om förebyggande underhåll utförs mer sällan ökar risken för haveri. Om ett produktionsstopp orsakar hälso- eller säkerhetsproblem, svåra produktionsbortfall eller skador på maskinen ska frekvensen på det förutbestämda underhållet ökas (Moble, 2014).

Det är av stor vikt att hitta rätt intervall på det förutbestämda underhållet. Intervallet bestäms utifrån vilket typ av fel som uppträder, om felen är regelbundna eller slumpvisa, samt om det finns någon utvecklingstid som går att mäta. Om alla komponenter i en enhet har ungefär samma livslängd kommer ett tydligt maximi i felintensiteten att uppstå (Figur 2.4). I dessa fall

föredras förutbestämt underhåll, där intervallet för det förutbestämde underhållet sätts till strax innan maximipunkten. Om inget tydligt maximi finns bör istället tillståndsbaserat underhåll användas (Hagberg & Henriksson, 2011).



Figur 2.4: En illustration av två olika enheters felintensiteter och intervallet på det förutbestämde underhållet. Hämtad från Hagberg & Henriksson (2011, s. 323)

Ett alternativt sätt att planera förebyggande underhåll är prediktivt underhåll, där analys av historisk data genomförs för att förutspå fel innan de uppstår, vilket leder fram till inspektionstidpunkt och -intervall (Mobley, 2002). Prediktivt underhåll använder sig, till skillnad från förutbestämt underhåll, av trender istället för beräknade genomsnitt för mätetal (Mobley, 2002).

2.1.2.6 Akut eller uppskjutet avhjälpande underhåll

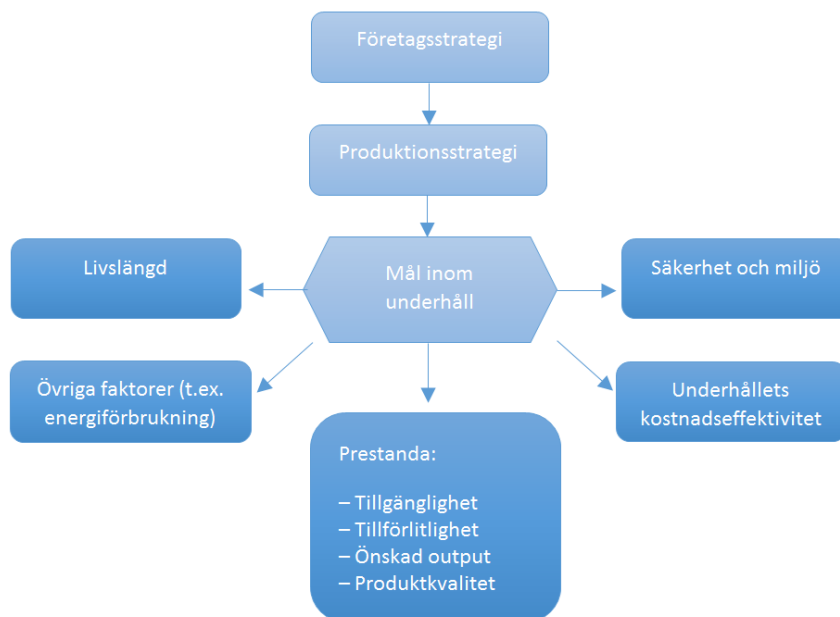
Akut avhjälpande underhåll är åtgärder som utförs utan dröjsmål efter att ett fel upptäckts (Svensk standard, 2010). Uppskjutet avhjälpande underhåll är istället de åtgärder som kan skjutas fram och schemaläggas (Svensk standard, 2010). Det finns tillfällen då produktionsstopp är väldigt kostsamma (Mobley, 2002), vid vilka akut avhjälpande underhåll bör undvikas. För att minska kostnader för produktionsstopp är det fördelaktigt med en prioriteringslista. Prioriteringslistan anger i vilken ordning enheterna ska hanteras om problem uppstår hos flera enheter samtidigt, då tillgången på material och tillgången på reparatör kan variera, och denna prioritering baseras vanligtvis på enhetens kritikalitet (Hagberg & Henriksson, 2011; Mobley, 2004; Moore & Starr, 2006). Kritikalitet förklaras närmare i avsnitt 2.1.4.

För att ge operatören underlag att besluta om underhållet är akut eller kan avhjälpas, samt vilka specialistkunskaper som är nödvändiga, kan "5 x Varför?"-metoden användas. (Hagberg & Henriksson, 2011). Metoden innebär att operatören, då maskinen stannat, fem gånger upprepat frågar sig själv varför. För varje gång frågan besvaras kommer operatören närmare grundorsaken. Metoden uppkom vid Toyota, där en metod för att hitta roten till problem efterfrågades (Murugaiah et al., 2010).

2.1.3 Underhåll ur ett ekonomiskt perspektiv

Den moderna synen idag är att ta hänsyn till underhållets värdeskapande aktiviteter och hur bristande underhåll inte enbart påverkar kostnaderna inom företaget utan även intäkterna och leveransprecisionen (Hagberg & Henriksson, 1995). Underhållet påverkar intäkterna genom antalet produkter företaget kan producera, vilket därmed ställer krav på utrustningens duglighet, men även prissättningen av tillverkade produkter där det krävs att utrustningen levererar den önskade produktkvaliteten (Hagberg & Henriksson, 2011). Underhållet behöver därför planeras utifrån ett helhetsperspektiv inom företaget där fokus flyttas från att minimera underhållets kostnader till att optimera dess insatser. Effektivt underhållsarbete bidrar med värde till företaget genom högre resursutnyttjande, kvalitetsförbättringar samt minskad övertid, vilket minskar framtida behov av ytterligare investeringar i utrustning eller personal (Alsyouf, 2004).

Så snart som ett system är i drift börjar dess tillstånd att försämrans, och därmed sänks även systemets prestanda (Muchiri et al., 2011). Utöver detta kan enskilda haverier inträffa om systemet till exempel ställs inför högre krav än vad det klarar av att leverera eller om det inträffar operationsfel. Dessa haverier har direkta kopplingar till driftstopp, kvalitetsfel, säkerhetsbrister och miljöförstöring, vilka i sin tur kan ge negativa konsekvenser på företagets produktionskostnader, lönsamhet och produktivitet samt möjligheten att tillfredsställa efterfrågan hos sina kunder. För att möjliggöra produktion i önskad takt, utan att generera alltför höga kostnader, behöver därför underhållsstrategin planeras efter de krav och mål som ställs på underhållet (Figur 2.5), vilka kan härledas ur bland annat produktionsstrategin (Muchiri et al., 2011).



Figur 2.5: Krav och mål som ställs på underhåll. Översatt från Muchiri et al. (2011, s. 3)

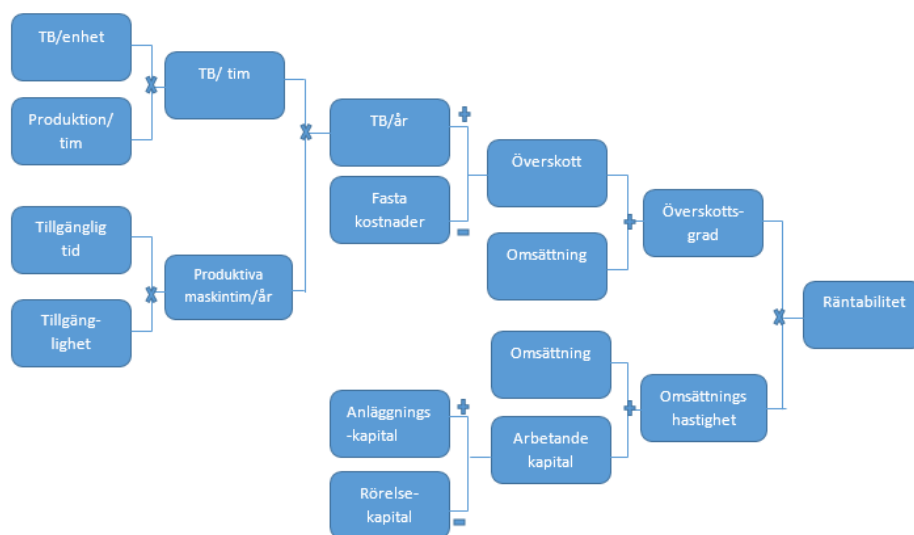
Underhållskostnader kan delas in i direkta eller indirekta kostnader. Till de direkta kostnaderna räknas kostnader för resurser som är tydligt synbara, så som material, reservdelar eller personal. De indirekta kostnaderna är inte lika tydligt synbara och uppkommer bland annat från underhållsinsatser som sätts in vid olyckor, övertidsbehov, eller vid produktionsbortfall (Alyouf, 2004). Genom förbättringar inom underhållet kan de indirekta kostnaderna reduceras (Hagberg & Henriksson, 2011). De indirekta kostnaderna är vanligtvis större än de direkta och redovisas hos den producerande enheten i företaget, alltså inte hos underhållsenheten. Detta försvårar möjligheten att se hur förändringar i underhållet påverkar de indirekta kostnadsposterna. Vid förändringar i underhållsarbetet är det alltså centralt med en helhetssyn mellan dessa två enheter (Hagberg & Henriksson, 2011).

För att minska de totala underhållskostnaderna bör fokus i första hand ligga på att minimera störningar och därmed även förluster i produktionen, alltså de indirekta kostnaderna, och därefter försöka minimera de direkta underhållskostnaderna. Detta beror på att de indirekta kostnaderna vanligtvis innehar en större förbättringspotential och en minskning av dessa kommer i sin tur att leda till en sänkning av de direkta underhållskostnaderna (Hagberg & Henriksson, 1995).

I det traditionella tankesättet har företag utgått från en *life cycle cost* (LCC)-syn vid inköp av ny utrustning, som är en kostnadsanalys över vad utrustningen kommer ge för totala kostnader under sin livslängd (Alyouf, 2004). Detta tankesätt har frångåtts då underhåll idag ses som en vinstgenererande funktion i företaget snarare än som en kostnadsbärare, vilket i sin tur beror på att underhållets effekter idag kan kopplas i allt högre grad till flexibilitet, kvalitet, kostnader samt miljö- och personalsäkerhet inom ett företag. Det talas då om *life cycle value* eller *life cycle profit* (LCP). LCP betonar alltså de besparingar eller vinster som kan fås inom företaget vid effektivisering av sitt underhållsarbete. LCP-synen används också vid

anskaffning av ny utrustning där de positiva fördelarna av utrustningen vägs mot de kostnader som utrustningen kommer generera under sin livstid. Problematiken med LCP är hur effekterna av ett bra underhållsarbete blir mätbart för ett företag. Det är lätt att peka på hur fel uppkommer och koppla det till bristande underhåll istället för att se vilka fel som förhindrats tack vare underhållet (Alsyouf, 2004). För att kunna maximera LCP behöver både de direkta och indirekta underhållskostnaderna tillsammans med de uteblivna intäkterna minimeras (Hagberg & Henriksson, 2011).

Ju mer underhållsarbetet bidrar positivt till de strategiska målen inom företaget, desto mindre synligt blir det som en värdeskapande aktivitet för ledningen på företaget, och risken finns att det endast ses som en kostnadspost (Alsyouf, 2004). Är underhållsarbetet tvärtom undermåligt kan det begränsa företagsstrategier och minimera utnyttjandet av investeringar och resurser. Det är därför av stor vikt att integrera underhållsarbetet i företagets övergripande strategier och kunna bedöma underhållsfunktionens bidrag till dessa (Alsyouf, 2004). Genom ett Du Pont-diagram kan den ekonomiska inverkan av ett effektivt underhållsarbete på ett företags räntabilitet illustreras (Figur 2.6).



Figur 2.6: Underhållets påverkan på räntabiliteten kan illustreras genom ett Du Pont-diagram. Sammanställt från Hagberg & Henriksson (1995, s. 29)

2.1.4 Mätetal som beslutsunderlag

För att kvantifiera underhållets bidrag inom ett företag används olika resultatmått. Genom att använda resultatmått kan kommunikationen mellan den övre ledningen på företaget och underhållsfunktionen förbättras och det ger även tydliga indikatorer på var företaget behöver lägga mer resurser (Weinstein et al., 2009).

Ett mätetal som företag använder för att utvärdera sin produktion är *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) (Mobley, 2002). OEE mäter utrustningens effektivitet och kommer ursprungligen från underhållskonceptet TPM (Nakajima, 1988). Enligt Nakajima (1988) beräknas OEE utifrån de sex stora förlusterna: haverier, ställtid och justering, tomgång och mindre stopp, sänkt produktionstakt, defekter samt minskad output. OEE beräknas med hjälp

av parametrarna *Availability*, *Performance Rate* och *Quality Rate* (1), vars svenska motsvarighet är TAK-modellen (Hagberg & Henriksson, 2011). Beräkningen för OEE (1) är hämtad ur Mobley (2002, s. 8). Med *Availability* menas tillgängligheten för utrustningen. Med *Performance Rate* menas kvoten mellan hur snabbt utrustningen opererar och den nominella hastighet den är avsedd att operera vid. Med *Quality Rate* menas kvoten mellan antal producerade enheter med uppnådda kvalitetskrav genom totalt antal producerade enheter. OEE är alltså ett sätt att kvantifiera olika produktionsförluster inom ett system (Huang et al., 2003).

$$OEE = Availability * Performance Rate * Quality Rate \quad (1)$$

Detta sätt för att beräkna OEE (1) tar bland annat inte hänsyn till olika enheters kapacitet, antal producerade produkter, produktionskostnader (Wudhikarn, 2013). Därför finns det även varianter av viktade OEE-tal (2), vilka tar hänsyn till de olikheter som skiljer maskinerna åt i ett system, och på detta sätt kan OEE-tal mellan olika maskiner jämföras. Beräkningen för viktade OEE-tal (2) är hämtade ur Wudhikarn (2013, s. 354). En maskin som tillverkar dyrare produkter ger till exempel större förlust vid produktionsstopp än en maskin som tillverkar billigare produkter. Dessa skillnader kan därmed tas hänsyn till vid viktning (Wudhikarn, 2013).

$$OEE_j = w_{A_j}A_j + w_{P_j}P_j + w_{Q_j}Q_j \quad (2)$$

Ljungberg (1998) påpekar även att OEE-talet ej tar hänsyn till planerat stillestånd, materialbrister eller personalbrist. Enligt Nakajima (1988) utgår tillgängligheten från den planerade operationstiden, vilket betyder att förluster som schemalagda produktionsstopp eller produktionsmöten ej inkluderas (Ljungberg, 1998). För att produktionskapaciteten ska kunna förbättras behöver även förluster som produktionen inte ansvarar för betraktas. Sådana förluster kan till exempel vara försening av inkommande material (Ljungberg, 1998).

Att endast betrakta OEE för enskilda enheter ger en bristande syn på hur underhållsresurser bör samordnas på bästa sätt inom en anläggning. Istället bör den samlade effektiviteten över hela produktionen betraktas, ett sådant synsätt kallas *Overall Factory Effectiveness* (OFE). OFE har som syfte att identifiera aktiviteter samt relationer mellan maskiner och processer för att kunna integrera information samt beslut mellan olika system och delsystem (Huang et al., 2003). Inom OFE beräknas mätetalet *Overall Throughput Effectiveness* (OTE), vilket inte skiljer sig i betydelse från OEE förutom att de ingående parametrarna istället betraktas för hela systemet (Huang et al., 2003).

Driftsäkerheten hos en utrustning utgörs av dess funktionssäkerhet, underhållsmässighet och underhållssäkerhet, vilka kan kopplas till olika mått (Johansson, 1993):

Funktionssäkerhet:

- *Mean Time Between Failures* (MTBF) - genomsnittlig tid mellan det att fel uppstår.

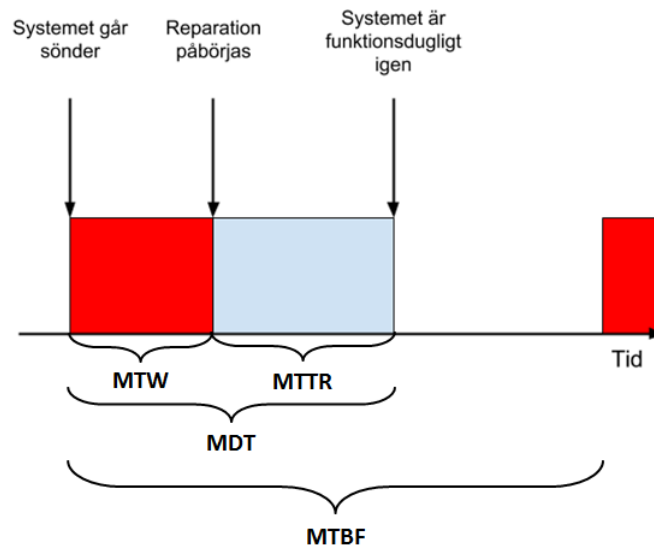
Underhållsmässighet:

- *Mean Time To Repair (MTTR)* - genomsnittlig reparationstid.
- *Mean Down Time (MDT)* - genomsnittlig tid då systemet ej opererar. Denna tid utgör medeltiden för aktivt funktionsavbrytande underhåll. Aktivt funktionsavbrytande underhåll innefattar förebyggande och avhjälpanande underhåll samt medelväntetid för material, reparatör, administration etc.

Underhållssäkerhet:

- *Mean Time Waiting (MTW)* - genomsnittlig tid för underhållsåtgärder, exempelvis material.

Förhållandena mellan dessa mått illustreras i Figur 2.7.



Figur 2.7: Illustrering av de olika driftsäkerhetsmått. På den horisontella axeln visas tiden. Funktionsfel är illustrerade av rektanglar, där röd rektangel innebär väntan på underhållsåtgärder och ljusblå reparation

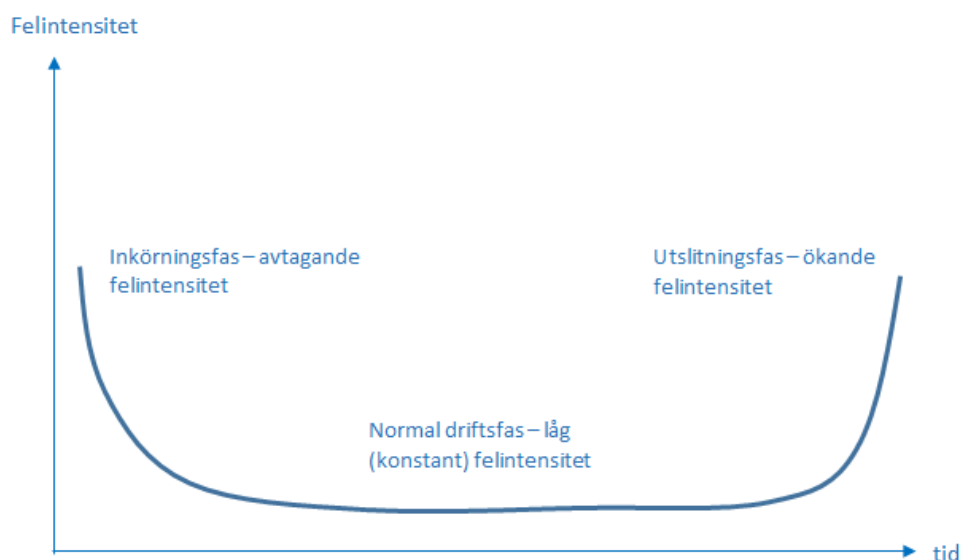
Felintensiteten (λ) är antalet fel per tidsenhet och är, för en exponentiell fördelning, kvoten mellan sannolikhet för fel under en tidsperiod och längden på tidsintervallet. Den kan härledas ur medeltiden mellan fel enligt (3), vilken är hämtad ur Johansson (1993, s. 132).

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \quad (3)$$

Vid byte av komponenter i enheten är det en bra riktlinje att studera felintensiteten för att avgöra om det är lönsamt (Johansson, 1993). Det kan dock i många fall vara en naturlig reaktion att öka antalet förebyggande byten på en utrustning med hög felintensitet, trots att detta i vissa fall kan vara det dyrare alternativet (Johansson, 1993). Genom att studera felintensiteten kan relevant data för maskinens beteende analyseras och utifrån det kan det

mest lönsamma alternativet för den specifika utrustningen identifieras (Hagberg & Henriksson, 2011).

Felintensitetens variation över tid kan illustreras med en badkarskurva (Moubray, 1997). Kurvan består av tre perioder: en inkörningsfas, en normal driftsfas och en utslitningsfas. I inkörningsfasen har enheten en minskande felintensitet som i den normala driftsfasen planas ut till en nästintill konstant felintensitet för att sedan öka i utslitningsfasen (Figur 2.8). Varje fas har olika orsaker till varför fel uppstår och enskilda komponenter för en enhet kan haverera under olika faser av kurvan (Nakajima, 1988). Badkarskurvan är alltså en kombination av två eller flera olika mönster på felintensiteten (Moubray, 1997).



Figur 2.8: Badkarskurvans med dess tre faser. Översatt från Wilkins (2002)

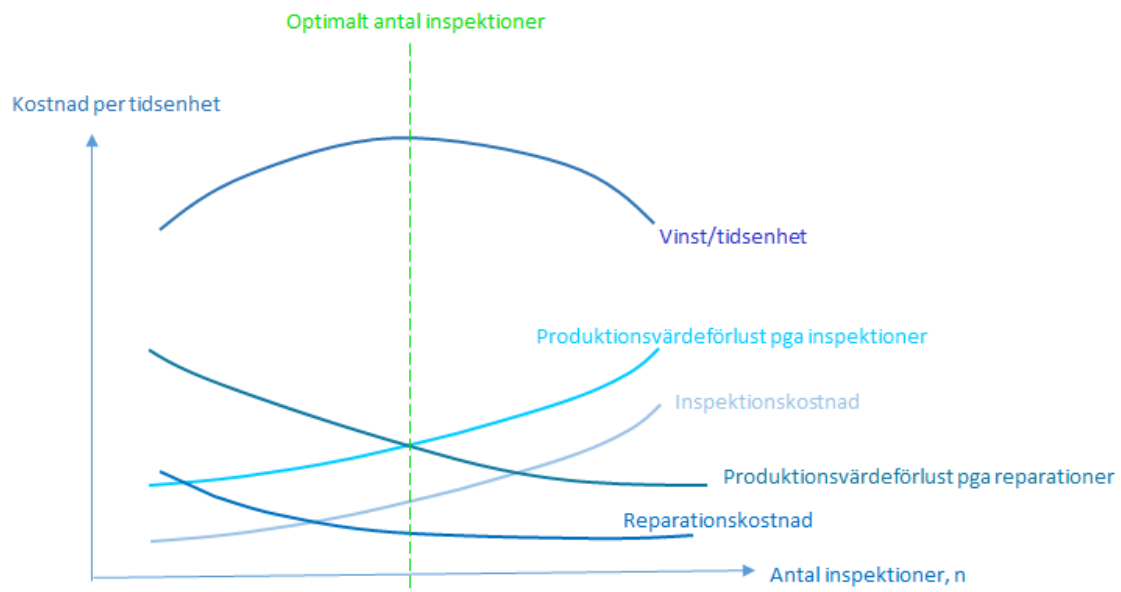
Eftersom varje fas har olika bakomliggande orsaker för haveri används olika metoder för att behandla dem (Nakajima, 1988). Haverier som uppstår i inkörningsfasen kan orsakas av bland annat konstruktionsfel, produktionsfel eller fel vid installation (Moubray, 1997). För att förebygga dessa fel testköras enheten i ett tidigt stadiet och förbättrande underhållsåtgärder sätts in för att förebygga svagheter i konstruktionen samt processen (Nakajima, 1988). Fel i den normala driftsfasen beror ofta på att utrustningens hållfasthet i unika fall har överbelastats (Wilkins, 2002), vilket ofta beror på att enheten inte hanterats korrekt av operatören (Nakajima, 1988). För att förebygga fel som orsakas av operatören behövs utbildning så att enheten används på rätt sätt (Nakajima, 1988). Övriga fel kan ske slumpartat vilket gör det svårt och meningslöst att sätta in förebyggande underhållsåtgärder eftersom ingen information kan fås om tidpunkt för fel eller vilken typ av fel som kommer ske (Smith, 1993). En annan anledning till varför dessa förebyggande åtgärder ej bör ske i normal driftsfasen är att enheten då kan föras tillbaka till inkörningsfasen (Smith, 1993). Fel i utslitningsfasen beror på den begränsade livstid som enhetens komponenter har och kan förlängas med hjälp av förebyggande underhåll (Nakajima, 1988).

I många fall används data för att avgöra i vilket tillstånd som enheten befinner sig i, och utifrån detta kan förebyggande underhållsinsatser planeras och schemaläggas (Smith, 1993). För att ta fram dessa data används speciella program som kartlägger åldern på enheten. Om problemet inte är åldersrelaterat är det mer sannolikt att den förebyggande underhållsinsatsen orsakar mer problem på enheten (Smith, 1993).

Figur 2.8 föreställer den generella formen av badkarskurvan och är inte nödvändigtvis representativ för hur en utrustning kommer bete sig, även om det finns utrustning som följer kurvan (Smith, 1993). Längden på de olika faserna kan variera kraftigt mellan olika typer av utrustning och i vissa fall kan slutlivsfasen nås inom bara ett fåtal månader (Wilkins, 2002). Kurvan används för att betona de olika faserna vid ett haveri och kan inte användas för att förutspå en utrustnings beteende över tid (Wilkins, 2002).

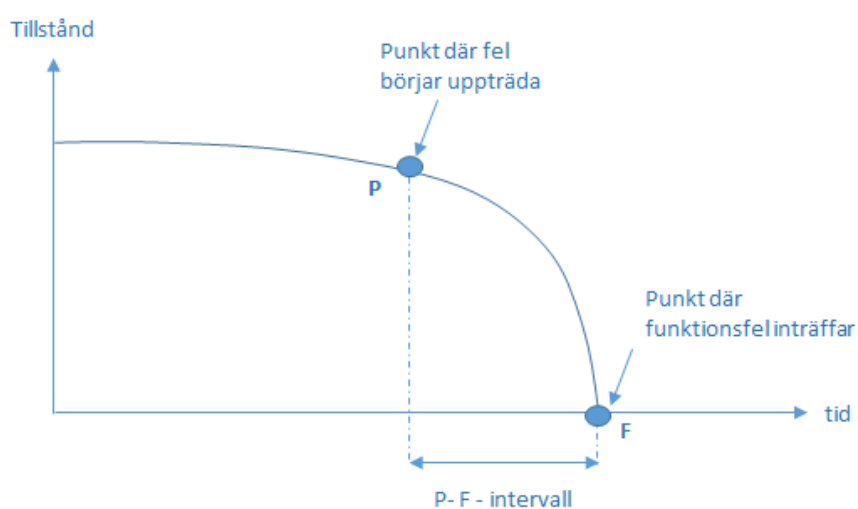
Badkarskurvans olika faser kan kopplas till weibullfördelningen, vilken är flexibel att karakterisera felfördelningen med (Wilkins, 2002). Fördelningen tecknas, i sin enklaste form, av en formparameter β och en skalparameter η . Formparametern är det viktigaste inslaget i weibullfördelningen och det som gör att den kan tillämpas på samtliga tre delar av badkarskurvan. Ett värde på $\beta < 1$ betyder att felfrekvensen minskar med tiden, likt som i inkörningsfasen. $\beta = 1$ visar på en konstant felfrekvens och betyder att enheten befinner sig i den normala driftsfasen. Slutligen ett $\beta > 1$ tyder på en ökande felfrekvens som i utslitningsfasen. Skalparametern η avgör hur stor sannolikheten för haveri är vid en given tidpunkt. Felfördelningen kan illustreras utifrån bland annat sannolikhets-, överlevnads-, weibull- eller exponentialfördelningar (Wilkins, 2002).

Vid schemaläggning av inspektioner är det viktigt att väga kostnaden för inspektionen, det vill säga material, produktionsbortfall samt personalkostnader, mot de vinster som kan fås genom att felet upptäcks och åtgärdas innan någon större skada sker. För att företaget ska nå en lönsam inspektionspolicy krävs att vinsten per tidsenhet maximeras över en längre tidsperiod (Figur 2.9).



Figur 2.9: Problemillustration av optimal inspektionsfrekvens enligt Jardine, (1973). Hämtad ur Johansson, (1997, s. 136)

Vid planering av tidpunkt för inspektioner används *potential-to functional failure-interval* (PF-intervall) inom RCM (Moubray, 1997). PF-intervallet kan illustreras med hjälp av en PF-kurva. PF-kurvan visar hur utrustningens tillstånd försämras till den punkt då felsymptom kan detekteras och hur lång tid det tar tills utrustningen havererar om inte förebyggande åtgärder görs (Moubray, 1997). Det är alltså intervallet mellan punkten då symptom kan upptäckas tills det att maskinen går sönder som kallas PF-intervallet (Figur 2.10). Utifrån PF-intervallet kan tidpunkter för tillståndövervakning planeras, så att intervallet mellan inspektionerna är mindre än intervallet mellan det att felet uppstår till att maskinen haverera (Moubray, 1997).



Figur 2.10: Illustration över PF-kurva. Sammanslagning av figur 7.1 och 7.2 ur Moubray (1997, s. 145)

Ett annat verktyg för att planera sina underhållsinsatser är en *Failure Modes and Effects Analysis* (FMEA) och används inom underhållskonceptet *Reliability Centered Maintenance* (Daley, 2008), vilket förklaras närmare i avsnitt 2.1.6. En FMEA kan utföras både för produkter och processer (Britsman et al., 1993). Med en FMEA kan potentiella fel och brister i produktionen samt konsekvenserna av dessa identifieras och förebyggas innan de uppstår (Britsman et al., 1993). På detta sätt kan antalet produktionsstörningar samt risken för felaktiga produkter minimeras och därmed säkerställs en välfungerande produktionsprocess. Det första steget i en FMEA är att identifiera vilka möjliga fel som kan uppstå i konstruktionen och lokalisera möjliga orsaker bakom felet för att kunna se vilka framtida effekter dessa ger och hur de kan förebyggas. Därefter viktas varje fel mellan 1-10 utifrån tre frågeställningar (Britsman et al., 1993):

1. Vad är sannolikheten för fel på produkten/operationen, felintensiteten?
2. Vad är sannolikheten för att genom styrning eller kontroll upptäcka felet innan det får konsekvenser?
3. Hur allvarliga blir konsekvenserna av felet?

Utifrån dessa viktetal kan risktalet, *Risk Priority Number* (RPN), beräknas (4) vilket ger ett beslutsunderlag för hur olika fel behöver prioriteras. Formel (4) för beräkning av risktalet för en process-FMEA är hämtad ur Britsman et al. (1993, s. 65). Det är dock av stor vikt att även låga RPN-värden analyseras då dessa fel vanligtvis lätt kan åtgärdas (Britsman et al., 1993).

$$RPN = \text{Felintensitet} * \text{Upptäcktssannolikhet} * \text{Allvarlighetsgrad} \quad (4)$$

En FMEA kan även kopplas till de kostnader som felet ger upphov till i form av förlorade intäkter, minskad produktionstakt och reparationskostnader. Utifrån detta kostnadsperspektiv kan underhållsinsatser planeras och beslut tas över om förebyggande eller avhjälpande underhåll ska användas för en viss utrustning. Det är främst lönsamt att prioritera förebyggande underhåll för en utrustning med hög haverikostnad (Daley, 2008).

Vid prioritering av underhållsinsatser utför företag vanligtvis en bedömning utifrån utrustningens kritikalitet (Moore & Starr, 2006). Bedömning av kritikalitet kan kopplas till feleffektsanalys för en maskin och kallas då *Failure Mode Effect and Criticality Analysis* (Bevilacqua & Braglia, 2000). Utrustning som ger stora konsekvenser vid haveri bör ha högsta prioritet, och därmed högst kritikalitet, eftersom dessa haverier innebär höga kostnader för produktionsbortfall (Moore & Starr, 2006). Kritikaliteten för en enhet kan bestämmas utifrån ett flertal olika kriterier där betydelse för processen, kostnad för underhåll, felintensitet samt maskintyp är några av dem (Bevilacqua & Braglia, 2000). Genom att lagervålla produkter mellan olika maskiner kan en maskins kritikalitet minskas då resterande produktion kan fortsätta trots haveri (Bevilacqua & Braglia, 2000). Vilken typ av maskin som havererar är också avgörande för kritikaliteten, en mer komplex maskinkonstruktion har vanligtvis en längre reparationstid och genererar därmed högre underhållskostnader (Bevilacqua & Braglia, 2000). Problematiken bakom att organisera sitt underhållsarbete efter kritikalitet är att när en bedömning utförts är det sällan det korrigeras, vilket behövs då

kritikaliteten, och de variabler den baseras på, kommer att variera med tiden (Moore & Starr, 2006).

2.1.5 Organisering av underhållsarbetet

Underhållsarbetet kan organiseras av en extern resurs, en egen enhet inom företaget, eller alternativt genom att inkludera operatörerna i så kallat operatörsunderhåll (Hagberg & Henriksson, 1995). Vid planering av underhållsarbetet behöver ett företag ta ställning till hur stor del av underhållet som ska ingå i den egna personalens arbetsuppgifter (Hagberg & Henriksson, 1995). Att köpa in underhållstjänster från externa leverantörer kan vara nödvändigt om exempelvis specialutrustning används där underhållet är komplext, speciell utbildning krävs eller produktionen har varierande och stora resursbehov (Hagberg & Henriksson, 2011). I de fall en extern leverantör används kan en strategi vara att försöka lära av dem som erbjuder tjänsten och försöka föra denna kunskap vidare till den egna personalen (Hagberg & Henriksson, 2011).

Det finns olika former av upplägg av intern organisering där skillnaderna varierar mellan hur stor grad som produktionspersonalen är involverade i underhållsarbetet samt underhållsresursernas tillgänglighet och placering i förhållande till produktionen (Hagberg & Henriksson, 1995). Många företag använder sig idag av produktionspersonalen vid rengöring och smörjning av maskiner för att spara tid och resurser (Mobley, 2004). Då utrustningen är ren innehas större möjlighet att detektera avvikelser samt att det förhindrar att smuts och partiklar kommer in i känsliga delar av utrustningen (Hagberg & Henriksson, 2011). Om operatörerna inkluderar en del av underhållsarbetet i sina dagliga arbetsuppgifter kan risken för fel och störningar i produktionen minimeras (Hagberg & Henriksson, 1995).

Om operatörerna kan användas för att utföra en del av det förebyggande underhållet avgörs av uppgiftens komplexitet, hur stor kunskap och motivation för att utföra uppgiften som operatören besitter samt vilka symptom på fel som utrustningen ger (Mobley, 2004). I vissa fall behövs dock den erfarenhet och skicklighet som en underhållsspecialist har för att kunna observera minsta antydning till att ett fel kommer uppstå, något som en operatör kan missa (Mobley, 2004). För att utveckla personalens kunskaper inom underhåll kan olika simuleringsverktyg användas (Hagberg & Henriksson, 2011).

2.1.6 Underhållskoncept

På grund av förändringen av kraven på underhåll har strategiska tillvägagångssätt för underhåll efterfrågats (Moubray, 1997). Några av dessa tillvägagångssätt är *Reliability-Centered Maintenance (RCM)*, *Total Productive Maintenance (TPM)* och *Lean Maintenance*. Nedan beskrivs kortfattat hur dessa tre underhållskoncept fungerar samt vilka fördelar de medför.

RCM applicerades ursprungligen inom flygplansindustrin på 1960-talet (Smith, 1993). RCM används för att klargöra en effektiv och strukturerad plan mellan förebyggande och avhjälpande underhåll och därmed åstadkomma den bästa tillgängligheten samt bevara systemets funktioner (Daley, 2008). På så sätt kan en prioritering av de funktioner som är

mest kritiska att bevara genomföras, med syftet att säkerställa önskad prestanda för systemet (Smith, 1993). RCM bygger på antagandet att all utrustning kommer att haverera vid någon tidpunkt och för att identifiera dessa tidpunkter används olika verktyg så som feleffektsanalys, weibullfördelningar samt PF-kurvor (Mobley, 2002).

TPM används för att uppnå störningsfria processer och är vanligt använd inom bilindustrin (Johansson, 1997). TPM är ett systematiskt arbetsätt som i små steg leder till kontinuerliga förbättringar. För att uppnå ett effektivt och fungerande TPM-system krävs det att alla i verksamheten är engagerade genom tvärfunktionella *team*, att rätt och tydlig information delas ut till de anställda och att företaget strävar efter ständiga förbättringar (Johansson, 1997; Smith & Hawkins, 2004). TPM är ett system som förbättrar produktiviteten, kvaliteten, leveranssäkerheten, motivationen, säkerheten och miljön, samt minskar kostnaderna inom verksamheten (Johansson, 1997).

Lean Maintenance är ett koncept som grundar sig i TPM, men som genom att använda sig av *Lean Manufacturing* utvecklats vidare (Levitt, 2008). Lean Maintenance applicerar tekniker skilda från TPM för en mer strukturerad implementationsprocess (Smith & Hawkins, 2004). Lean Maintenance har likt Lean Manufacturing fokus på att eliminera slöserier och Levitt (2008) menar att det bästa underhållet är då underhåll inte krävs över huvud taget.

Lean är ursprungligen tänkt att verka inom produktionsprocessen och har antagits att därefter naturligt anammas i närliggande stödprocesser, såsom underhåll, men att så inte alltid blir fallet (Levitt, 2008; Smith & Hawkins, 2004). Levitt (2008) menar att genom att införa Lean Maintenance kan företag öka underhållskapaciteten samtidigt som defekter som orsakar driftstopp kan minimeras. Det innebär då att kostnadsreduktioner samt ökad produktion är direkta resultat från införandet av Lean Maintenance (Levitt, 2008).

2.1.7 Hållbarhet inom underhåll

År 1987 släppte FN rapporten *Our Common Future*, vilken behandlade hållbarhetsproblem och väckte debatten kring dessa (Liyanage, 2007). Sedan dess har hållbarhet vuxit till att bli en viktig del av företags verksamhet, då det anses att företag behöver definiera sin roll i samhället och applicera sociala och etiska standarder inom verksamheten (Lindgreen & Swaen, 2010). Målet för den tillverkande industrin är inte längre att producera på ett effektivt sätt, utan snarare att erbjuda funktionaliteten som efterfrågas av samhället samtidigt som energi- och materialkonsumtionen minimeras (Seliger, 2007). Med detta paradigmskifte bör även den förändrande rollen för underhåll uppmärksammas. Traditionellt sett har omfattningen av underhåll endast inkluderat driftfasen, men underhåll spelar en större roll idag. Exempel på detta är i *life cycle management*, vars huvudsyfte är att maximera eko-effektiviteten under produktlivscykeln, där det finns starka kopplingar mellan underhåll och flertalet faser i produktlivscykeln, såsom design-, drift- och slutfasen (Seliger, 2007).

Hållbarhet kan delas upp i tre dimensioner: ekonomisk, ekologisk och social hållbarhet (Adams, 2006) och underhåll kan verka inom samtliga dessa tre. Genom att ta hänsyn till

bland annat LCP kan underhåll påverka den ekonomiska hållbarheten (Liyanage, 2007). Ekologisk hållbarhet kan erhållas exempelvis genom att förlänga en enhets livstid med underhåll och därmed minska råvaruanvändningen (Seliger, 2007). Det kan även erhållas genom att förhindra balanserings- och systemförluster, eftersom en stor del av maskiners energikonsumtion härleds till icke värdeadderande tid på grund av dessa (Johansson et al., 2014). Vid akuta stopp i produktionen ställs höga krav på underhållspersonalen att minimera stopptiden vilket kan leda till osäkra arbetsmetoder (Ashayeri et al., 1996). Social hållbarhet kan erhållas genom att garantera säkerhet vid dessa tillfällen (Liyanage, 2007).

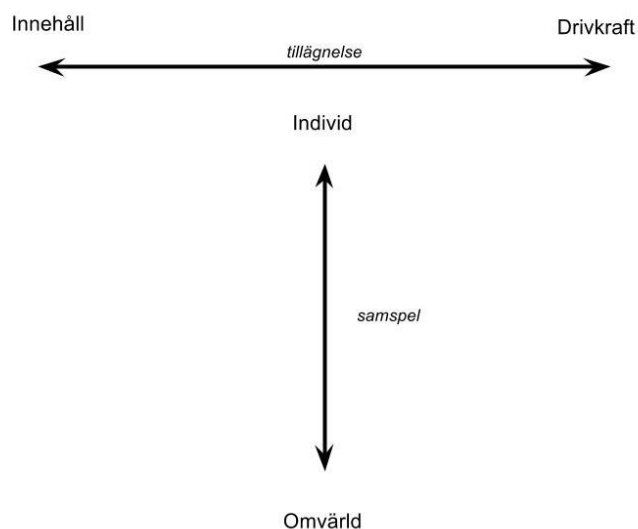
2.2 Inläring

Denna del i kapitlet behandlar inläringsteori och de element och processer som påverkar människans lärande. Mer specifikt redogörs sedan för det lärande som sker hos individen när denna utför och analyserar en uppgift. Avslutningsvis berörs ett antal faktorer som möjligen kan hämma lärandet.

Vad som definierar lärande skiljer sig åt i detalj och omfattning över litteraturen. Enligt Illeris & Andersson (2007) är lärande varje process som hos levande organismer leder till en varaktig kapacitetsförändring som inte bara beror på glömska, biologisk mognad eller åldrande. Dar-El (2000) poängterar vikten av repetition och definierar lärande som den ökade säkerhet, färdighet och hastighet med vilka en uppgift utförs då denna upprepas. I dess enklaste form innebär lärande helt enkelt att en människa bildar kunskap (Theliander et al., 2004).

2.2.1 Lärandemodell

Precis som människor har olika förutsättningar för att lära sig saker, beroende på en otalig mängd parametrar, har det också gjorts olika försök att modellera lärandeprocessen och att urskilja de element som ingår i denna. Illeris (2013) strukturerar lärandet i en modell omfattande två processer, *samspel* och *tillägnelse*, som spänner över tre dimensioner, *inhåll*, *drivkraft* och *omvärld* (Figur 2.11).

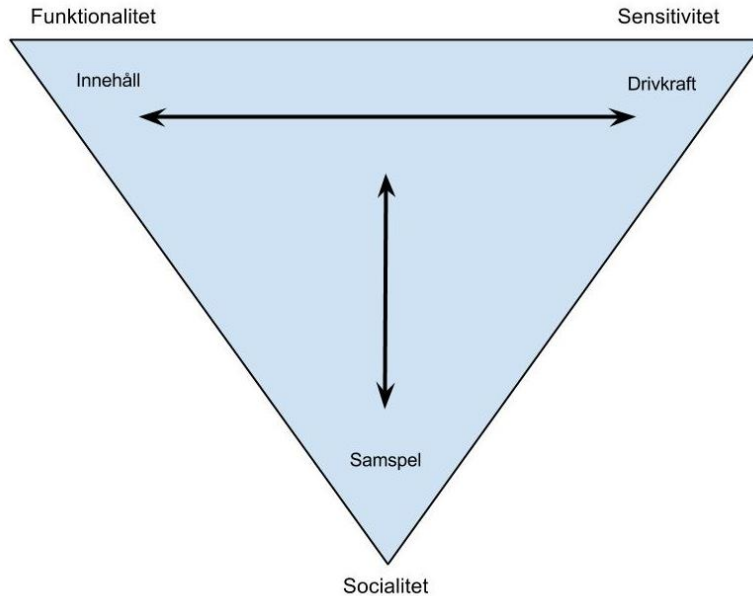


Figur 2.11: Kompetensutvecklingens grundläggande struktur. Hämtad från Illeris & Andersson (2007, s. 39)

Samspel avser den ömsesidiga påverkan som finns mellan individen och dennes omvärld vid varje given tidpunkt. Omvärld definieras i sammanhanget som den sociala och materiella omgivning som individen befinner sig i (Illeris, 2013). När omvärlden och individens agerande och beteende förändras, förändras också förutsättningarna för individens lärande.

Tillägnelse avser i modellen den bearbetning av stimuli från samspelet som sker internt hos den lärande individen, och omfattar de två dimensionerna innehåll och drivkraft. Innehållet är *vad* som lärs, vilket givetvis skiljer sig mycket åt från lärandesituation till lärandesituation. Drivkraften avser den mentala aspekten hos den lärande individen och har att göra med den motivation och vilja som tillägnas lärandet. Illeris (2013) påpekar att “karaktären och styrkan hos drivkraften bidrar till att bestämma karaktären och hållbarheten hos läroprodukt. Det man lär sig med starkt engagemang är mer nyanserat, fäster sig starkare i minnet och man kommer att tänka på det i flera olika typer av situationer”.

Inlärningsens tre dimensioner är i sin tur förknippade med tre motsvarande områden i läroprocessens resultat (Figur 2.12). Innehållet tjänar till att ge den funktionalitet, det vill säga den kunskap och de verktyg som behövs för att kunna optimera sättet att interagera med omvärlden på. Drivkraften hjälper till att utveckla sensitivitet, som i sammanhanget definieras av Illeris (2013) som förmågan "att uppfatta olika situationer och andra människors beteende på ett korrekt och nyanserat sätt". Samspelet i lärandet bidrar till en strävan att uppnå integration med den omvärld som lärandet utspelar sig i. Med hjälp av detta utvecklas *socialitet*, som är förmågan att ha bra kommunikation och samarbete med andra. I varierande grad, och oavsett om det är planerat eller ej, ingår de tre områdena funktionalitet, sensitivitet och socialitet i resultatet av i stort sett alla läroprocesser (Illeris, 2013).



Figur 2.12: Kompetensutvecklingens grundläggande strukturer. Hämtad från Illeris & Andersson (2007, s. 45)

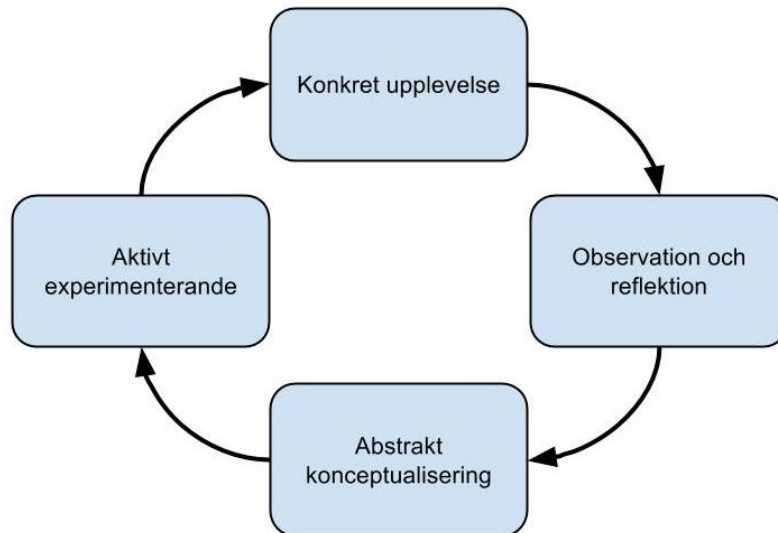
2.2.2 Upplevelsebaserat lärande

Upplevelsebaserat lärande är lärprocessen som förknippas med den erfarenhet som förvärvas i samband med att man *gör* någonting, och med reflektion kring detta (Felicia, 2011). Vid upplevelsebaserat lärande intar den lärande en mer aktiv roll än vid exempelvis lärande genom litteraturstudie eller föreläsningar. Genom detta baserar den lärande sin kunskap på egna, istället för att höra eller läsa om andras, erfarenheter, vilket i många sammanhang är lämpligare (Osland et al., 2001). När det handlar om att till exempel anskaffa sig praktiska kompetenser, som att simma, är detta näst intill omöjligt att göra enbart baserat på andrahands erfarenhet och det upplevelsebaserade lärandet blir då en nödvändighet.

Osland et al. (2001) konkretiserar fyra huvudsakliga steg i en cyklisk modell över upplevelsebaserat lärande (Figur 2.13). De ingående stegen är:

1. *Konkret upplevelse*: när den lärande ställs inför en ny upplevelse, eller tolkar om en sedan tidigare bekant upplevelse.
2. *Observation och reflektion*: reflektion kring den nya eller reviderade upplevelsen. De ingående element som har varit svåra att förstå ges särskilt fokus.
3. *Abstrakt konceptualisering*: genom reflektion bildas nya idéer och gamla idéer kring upplevelsen korrigeras baserat på de senaste reflektionerna.
4. *Aktivt experimenterande*: den lärande applicerar de färska idéerna i verkligheten vilket leder till att cirkeln sluts med en ny konkret upplevelse som skiljer sig från den första upplevelsen tack vare de steg den lärande genomgått.

Osland et al. (2001) understryker att inget steg i processen ensamt är tillräckligt för att uppnå effektivt lärande, utan det är just det cykliska inkluderandet av *alla* steg som möjliggör detta.



Figur 2.13: Cyklisk modell över upplevelsebaserat lärande. Hämtad och översatt från Osland et al. (2001, s. 43)

2.2.3 Vad hindrar lärande?

Lika viktigt som lärandet i sig, är det att identifiera de faktorer som *hindrar* lärandet och att mitigera dessa faktorer (Illeris, 2013). Illeris (2013) skiljer mellan tre huvudsakliga typer av lärandehinder: *fellärande*, *försvar mot lärande* och *motstånd mot lärande*. Dessa hinder relaterar i huvudsak, men inte helt och hållet på grund av lärandets komplexitet, till de tre lärandedimensionerna innehåll, drivkraft och samspel.

Det mest intuitiva lärandehindret, *fellärandet*, är starkt förknippat med innehållsdimensionen och innebär helt enkelt att det man lär sig är mer eller mindre felaktigt. Detta orsakas bland annat av missförstånd, att den lärande inte besitter förväntade förkunskaper eller bristfällighet i lärandets innehåll och utförandeform. *Fellärande* är väldigt vanligt och alla människor är mer eller mindre påverkade av detta eftersom mycket av det man gör på ett suboptimalt sätt kan härledas till *fellärande*.

Nästa typ av lärandehinder, som Illeris (2013) anser vara det viktigaste, är *försvar mot lärande*, som förknippas med drivkraftsdimensionen i lärandet och har att göra med psykologiska försvarsmekanismer. Med all den stimulans människor utsätts för under större delen av sin vakna tid blir det omöjligt för hjärnan att ta till sig all information den exponeras mot och således sorteras mycket av den bort eller förvrängs automatiskt.

Det tredje och sista huvudsakliga lärandehindret är *motstånd mot lärande* som relaterar till samspeletsdimensionen. Medan *försvar mot lärande* sker automatiskt och omedvetet grundar sig *motstånd mot lärande* på ett aktivt val hos den lärande individen, ofta på grund av att det som avses att läras ut på något sätt strider mot den lärandes synsätt och normer (Illeris, 2013).

2.3 Spelifiering och spelanvändning

Denna del i kapitlet behandlar grundläggande teori kring användningen av spel och spelelement för motivation och inläring. Detta för att ge läsaren en överblick kring de

inblandade begreppen, dess olika användningsområden och vissa associerade modeller. I den senare delen av avsnittet presenteras också ett antal mer konkreta metoder, hämtade ifrån forskningen, för implementationen av motiverande spel i en pedagogisk kontext.

2.3.1 Definition

Spelifiering definieras av Deterding et al. (2011) som “användandet av designelement karakteristiska för spel i en icke-spels-kontext”. *Spel* definieras av Salen & Zimmerman (2004) som “ett system inom vilket spelare engagerar sig i en artificiell konflikt, styrd av regler, vilken resulterar i ett kvantifierbart resultat”. Spelet kan alltså sägas vara en version av leken som formaliserats med fasta regler och resultatvariabler.

Deterding et al. (2011) lånar från McGonigal (2011) begreppet *spelfullhet* som en benämning på distinkta kvaliteter i upplevelsen av och beteende inom spelande. Målet med spelifiering blir därför att integrera element som skapar spelfullhet i sin icke-spels-kontext, och att på så sätt uppmåna en respons i användaren som efterliknar den hos en spelare som spelar ett spel.

En annan distinktion som är viktig att belysa i definitionen är den mellan *designelement* och andra element kopplade till spel, såsom spelteknologi eller spelproduktionsmetoder. Spelkaraktäristiska designelement som nämns av Deterding et al. (2011) inkluderar nivåer, rankningar, tidspress, narrativ, marknader och ekonomier, lagindelning, feedback och självrepresenterade avatarer. Hundratals studier har gjort på spelifieringens möjligheter för att med integration av dessa element skapa utmaning och engagemang, förbättra inläring och träning, förändra beteenden samt skapa möjligheter för socialt arbete och lärande (de Sousa Borges et al., 2014).

Två begrepp som är nära relaterade till spelifiering är *serious games* och spelbaserat lärande (Deterding et al., 2011). *Serious games* definieras som fullständiga spel med ett syfte utanför underhållning, såsom inom utbildning eller arbetsträning, medan spelbaserat lärande definieras som användandet av kommersiella spel, ursprungligen utvecklade i underhållningssyfte, för inläring. De tre metoderna försöker på liknande vis uppnå i stort sätt samma fördelar, och begreppen har därför använts överlappande inom forskningen (Deterding et al., 2011). Samtliga begrepp refereras härfter tillsammans till som “motiverande spel”.

2.3.2 Användningsområden för motiverande spel

Spelifiering, spelbaserat lärande och *serious games* har idag hittat ett brett spektra av användningsområden inom flertalet olika organisationer och samhällssektorer. Speciellt utbredd är tekniken i USA, där bland annat den amerikanska militären är en stor användare av spelifiering och *serious games* för träning och utbildning (FAS, 2006).

Susi et al (2007) redogör för ett antal olika användningsområden för motiverande spel, vilka går att sammanfatta i fyra kategorier:

Spel för marknadsföring går ut på att använda spelifieringens engagemangökande effekter för att dra in och hålla kvar kunder och användare till sitt erbjudande. (Crane, 2011;

Sahgal, 2011). *Spel inom arbetet* använder istället spel och spelifiering för att öka engagemang och prestation på arbetsplatser. (FAS, 2006; Keitt, 2010; Smith, 2011; Tay, 2010). *Spel inom privatlivet* eftersträvar att påverka individer till att leva sina liv på ett bättre sätt, antingen för att hjälpa dem nå personliga mål eller för att motivera dem till att bidra till samhället. (FAS, 2006; GMTV, 2010; Susi et al, 2007).

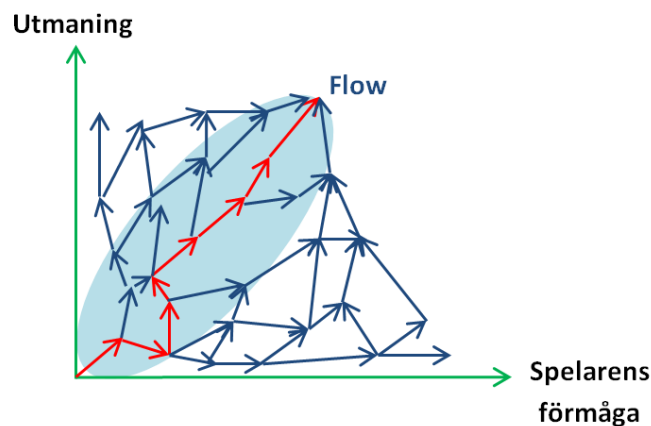
Det sista och mest utbredda användningsområdet är *Spel för utbildning*, där målet är att förbättra olika inlärningsprocesser. Spel kan direkt utgöra utbildningsmaterial, vilket till exempel är fallet i många simuleringsspel, där syftet är att låta användaren öva sina kunskaper och färdigheter i simulerade situationer, eller i direkta inläringsspel, som själva presenterar det som ska läras ut och kontinuerligt testar spelaren på detta (FAS, 2006; Susi et al, 2007). Spel kan också användas mer indirekt för att öka motivation och ge uppföljning. Till exempel kan hela universitetskurser integreras med en spelifiering, där poäng delas ut och prestationer i kursen tydliggörs, utan att inläringen i sig sker i en spelmiljö (Barata et al, 2013; Watson et al, 2013).

2.3.3 Flow inom spel

En av de huvudsakliga effekterna som vill uppnås med motiverande spel är en förändring av en uppgift till ett format där den försätter utföraren i ett stadie av *flow* (Raphael & Bachen, 2011). Konceptet flow kommer ursprungligen ifrån *positiv psykologi*, ett fält inom den psykologin som fokuserar på mänskliga upplevelser av tillfredsställelse och lycka (Compton, 2005). Begreppet definieras som ett mentalt stadie av intensiv koncentration på en uppgift, vilket skapar en känsla av djupt fokus, engagemang, lycka, tillfredsställelse och oändlig energi (Chen, 2007; Raphael & Bachen, 2011).

Flow uppnås när en person tar sig an en svår uppgift som kräver den fulla koncentration och kompetens, utan att utmaningen blir överväldigande, och där personen hela tiden känner att den har kontroll över situationen (Chen, 2007; Raphael & Bachen, 2011). Uppgiften ska ha tydliga, konkreta mål och personen ska hela tiden få riktad, omedelbar feedback på sin prestation. Personens fulla koncentration fokuseras då på uppgiften, och personen förlorar uppfattningen om sig själv och allting annat utanför arbetet. Detta inkluderar tiden, som ofta efter stadiet brutits kan kännas ha försvunnit i intet (Chen, 2007; Raphael & Bachen, 2011).

Konceptet kopplades tidigt till spelifieringsteorin, då många möjligheter sågs till att använda spelifieringsmetoder för att inducera flow-stadier för spelifierade aktiviteter (Raphael & Bachen, 2011). Hamari & Koivisto (2014) undersökte kopplingen mellan olika kännetecken för flow-upplevelser och typiska spelifieringselement såsom poäng, uppdrag, nivåer och troféer, och fann en stark korrelation mellan dessa. Spelifieringselementen var speciellt bra på att skapa *tydliga mål*, *direkt feedback*, en *balanserad utmaning* och en känsla av *kontroll*.



Figur 2.14: Effekten av upprepade designval på spelarnas flow-upplevelse. Hämtad ur Chen (2007, s. 32)

Chen (2007) belyser vikten av att ha flow i åtanke vid speldesign, för att lyckas fånga in spelarna i spelupplevelsen. Om speldesignen inte lyckas få spelaren att känna flow kommer spelupplevelsen att uppfattas som tråkig eller frustrerande, och spelaren kommer att sluta spela. De positiva inverknings som spelet är syftat att uppnå kommer därmed inte heller att komma i effekt.

Av dessa anledningar är det av största vikt att inom speldesign hela tiden göra designval som leder spelaren framåt i spelupplevelsen i en lagom takt (Figur 2.14). Om utmaningen i spelet stegras för snabbt kommer detta leda till frustration och förvirring, vilket bryter flow-upplevelsen. Om spelet å andra sidan går för långsamt fram eller fastnar vid samma aktivitet under en längre tid kommer spelaren att bli uttråkad och tappa intresse. Speldesignen ska också ta hänsyn till och eftersträva att uppnå så många av de tidigare nämnda flow-kännetecknen som möjligt (Chen, 2007).

2.3.4 Social gameflow

Spelmiljöer blir idag allt mer sociala, både då fler spel använder sig av internet eller andra nätverk för att ansluta flera spelare till samma spelsession, och då tekniska framsteg tillåter allt verkligare simulation av sociala interaktioner med andra individer även för den ensamma spelaren (Raphael & Bachen, 2011). Social interaktion befaras i många fall kunna bryta ett flow-stadie, genom att flytta spelarens fokus ifrån uppgiften, men kan också stödja flow ifall interaktionen på ett korrekt sätt integreras och kontrolleras i spelreglerna, för att göras till en nödvändig del i problemlösningen. Raphael & Bachen (2011) presenterar därför en modell för hur ett flow-stadie kan uppnås och behållas på ett bra sätt i en social spelifiering eller spelintegrering; vad de kallar för ett *social gameflow*.

Sammankopplade mål och belöningar är en central del i modellen (Raphael & Bachen, 2011). Sociala spel måste, för att skapa flow, ha mål som inte endast är tydliga och konkreta, utan också är sammankopplade med målen för andra spelare. Denna koppling kan vara positiv; en samarbetsmiljö där spelaren kan endast lyckas om alla spelare lyckas, eller negativ; en

tävlingssmiljö där spelaren kan endast vinna genom att andra förlorar. Båda stadierna kan också existera samtidigt i en lagspelsmiljö. Sammankopplade mål omvandlar den sociala interaktionen till en nödvändig del i uppgiften, vilket gör att de bidrar till flow-stadiet. Positiv målkoppling har funnits överlägset för utbildningsspel, då spelarna kan dela sin kunskap och lära av varandra för att uppnå de gemensamma målen (Raphael & Bachen, 2011). I och med detta samarbete uppnår spelarna också en känsla av *intrinsisk belöning*, separat från spelets egna belöningsystem, som stödjer flow-upplevelsen. Den intrinsiska belöningen skapas då spelarna hjälper, kämpar mot och knyter band med varandra, då den sociala interaktionen upplevs ha ett egenvärde utanför spelets målsättningar (Raphael & Bachen, 2011).

Spelets *utmaning* måste också anpassas för ett socialt motiverande spel (Raphael & Bachen, 2011). Utmaningen i ett spel för flera spelare kommer nödvändigtvis att bli mer komplicerad än i ett spel för en ensam spelare, då spelet både måste ta hänsyn till individernas inbördes varierande kompetensnivåer och den gemensamma prestation de kan uppnå genom samarbete. Utmaningen i sociala spel är större då spelaren, förutom att koncentrera sig på den givna uppgiften, samtidigt måste förhålla sig till och hantera andra spelare. Kopplat till detta måste spelets *feedback* utvidgas till att ske på flera nivåer samtidigt. Samtidigt som gruppen som helhet ska få feedback på den gemensamma prestationen måste varje spelare också få individuell feedback, ifrån spelet och helst också ifrån sina medspelare, för att känna ansvar för sin egen prestation och för att få hjälp att utvecklas vidare (Raphael & Bachen, 2011).

Även i sociala motiverande spel är det viktigt att spelaren har en känsla av *kontroll* (Raphael & Bachen, 2011). I den sociala miljön innebär det både kontroll över de egna aktiviteterna, som alltså inte helt får dikteras av gruppens vilja, men även ett visst mått av eget bestämmande över gruppens gemensamma strategier och agerande. Om någon spelare känner att det egna agerandet varken har någon influens på gruppen eller spelvärlden kommer denna att tappa intresse och flow. Det är också viktigt att varje spelare har en känsla av att *kunna nå sina mål* inom spelet, oavsett vilka dessa kan vara. Om målen anses för långt borta eller ouppnåeliga kommer detta att störa flow-upplevelsen (Raphael & Bachen, 2011).

Som tidigare nämnt kan *full koncentration* på uppgiften bli svårare i sociala sammanhang (Raphael & Bachen, 2011). Spelet måste här integrera den sociala interaktionen i uppgiften, så att spelaren tvingas att utvidga sin koncentration till de andra spelarna, men att denna koncentration i sin tur också omvandlas till ett fokus på problemlösningen då interaktionen är en nödvändig del i denna. Detta kan till exempel ske igenom att uppgiften kräver samarbete, gemensam diskussion och reflektion eller bidrag ifrån flera olika spelare för att lösas, eller att spelaren uppmanas att lösa problem för andra spelare snarare än för spelet självt (Raphael & Bachen, 2011).

Till sist kommer spelarnas *uppslukning* att se annorlunda ut i ett socialt spel jämfört med ett solitärt spel (Raphael & Bachen, 2011). Den klassiska definitionen av flow postulerar ett obrutet stadie av total uppslukning i uppgiften, men detta är ohållbart, och ofta inte önskvärt, i ett socialt sammanhang. Om målet med spelet inkluderar lärande och utveckling är det istället

ofta optimalt att låta spelarens immersion variera från totalt fokus på uppgiften till att övergå i reflektion och diskussion. På detta sätt möjliggörs socialt lärande, där spelarna kan hjälpa varandra att lära sig snabbare än vad varje individ gjort enskilt (Raphael & Bachen, 2011).

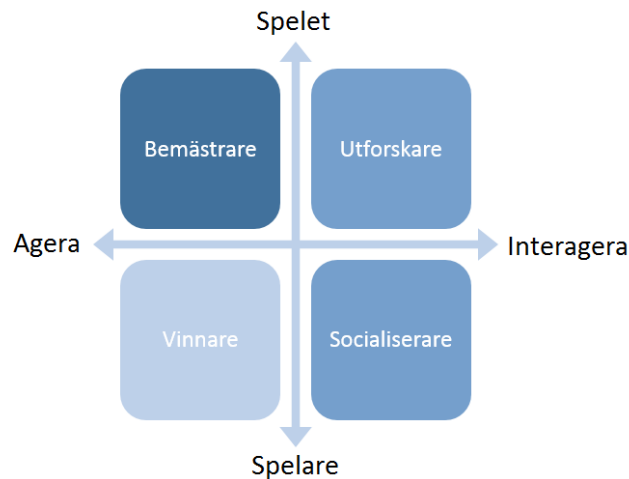
2.3.5 De fyra spelartyperna

Alla individer agerar inte på samma sätt när de finner sig i en social spelmiljö. Beroende på spelarens personlighet, sinnesstämning och tidigare erfarenheter samt spelets design och vilka de andra spelarna är kommer individen att fokusera på olika delar i spelet och ha olika målsättningar med sitt spelande (Levy & Novak, 2009). Redan för nästan 20 år sedan identifierade Bartle (1996) fyra olika typer av spelare i sociala spel (Figur 2.15). Denna modell utvecklades några år senare av Bartle (2003) och har sedan dess utgjort ett centralt verk inom designen av sociala spel (Levy & Novak, 2009). Ett exempel inom spelifiering presenteras av Iosup och Epema (2014) som använder en något modifierad version av Bartles modell för att säkerställa att samtliga spelartyper kan utnyttja deras spelifierade datorvetenskapskurser på ett lärorikt och naturligt sätt.

Den första av Bartles (2003) fyra spelartyper är *bemästraren*. Bemästraren vill agera på spelet genom att ta sig an och överkomma alla utmaningar som kastas emot den. Poängsystem och tydliga framsteg är av högsta vikt för bemästrarens upplevelse av spelet, och allt som inte direkt leder den till nästa steg i spelandet är slöseri med tid. Om målet med spelet är inläring gäller det därför att på något vis tydligt koppla denna till direkta belöningar eller framsteg för att inte tråka ut bemästraren.

Den andra typen är *utforskaren*. Denna nyfikna spelartyp vill interagera med spelet och älskar att bli överraskad och meddragen av en väl designad spelupplevelse. Utforskaren bryr sig i motsats till bemästraren inte om prestige eller poäng, utan spelar för att upptäcka intressanta spelmekaniker, idéer och berättelser. Utforskaren är en speciellt utmanande spelartyp att designa pedagogiska spel för, då den oftast inte går att styra med enkla medel som poängsystem; utforskaren spelar gärna medvetet "dåligt" så länge det leder till intressanta resultat. Istället måste spelet väcka genuint intresse för ämnet hos utforskaren för att inläring ska ske.

Den tredje spelartypen är *socialiseraren*. Denna spelartyp vill interagera med andra spelare och har som huvudmål i spelet att umgås och prata med sina medspelare. Socialiseraren bryr sig egentligen inte så mycket om spelet i sig, utan använder det helst som en plattform för att dra igång långa, utsvävande gruppdiskussioner. I ett spel med pedagogiskt mål är detta ofta till viss grad positivt, men speldesignen kan också behöva innehålla element som återfokuserar Socialiseraren på den givna uppgiften.



Figur 2.15: De fyra typerna av spelare i sociala spel. Hämtad och översatt från Bartle (1996)

Den fjärde, sista spelartypen är *vinnaren*. Vinnaren har som huvudfokus att agera på andra spelare i direkta tävlingar och konfrontationer. Den spelar för att få andra att förlora, och spelet i sig är huvudsakligen en metod genom vilken detta kan uppnås. För vinnaren spelar det mindre roll om det går bra eller dåligt för gruppen som helhet, så länge den själv ligger bäst till. För pedagogiska spel kan vinnare vara mycket destruktiva, om inte spelet på rätt sätt fokuserar deras motivationer till en positiv tävlingsanda.

En balans av dessa speltyper är nödvändig för att en spelomgång ska fungera bra. En spelgrupp bestående av endast utforskare och socialiserare kommer aldrig att nå spelets mål, medan en grupp med vinnare och bemästrare kommer att låsas i intensiva konflikter. Enskilda individer kan inte antas passa perfekt in i någon av dessa arketyper, utan kommer troligen att uppvisa drag ifrån samtliga beskrivningar, men majoriteten av spelare kan ändå placeras i en av grupperna.

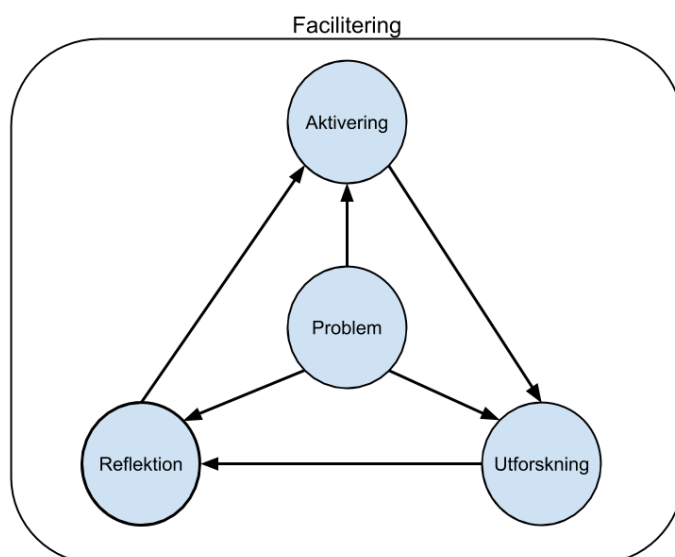
2.3.6 PBL-baserad spelimplementering

Då spelifiering och motiverande spel är relativt nya ämnesområden inom forskningen är det forskningsmässiga underlaget för hur effektiva spelifieringar och spelimplementationer kan genomföras relativt ofullständigt. Ett specifikt hål i forskningen uppmärksammades av Watson & Fang (2012) kring hur spel kan implementeras av en lärare i en skolmiljö och integreras med en existerande kursplan, samt vad lärarens nya roll i förhållande till spelet bör vara. För att fylla detta hål drog Watson & Fang (2012) hjälp av teorin kring *problembaserat lärande* (PBL), ett existerande tillvägagångssätt inom pedagogiken där tydliga paralleller kunde dras till spelifierat lärande.

PBL innebär att fokus för lärandet flyttas över från läraren till studenterna, som genom att självständigt lösa tydligt definierade och komplexa problem tvingas att applicera sina tidigare kunskaper, utforska och utvärdera nya möjligheter samt komma fram till egna slutsatser och lösningar. Läraren i PBL övergår från att vara den primära informationskällan till att vara en handledare eller mentor, vars huvudsakliga uppgift är att guida studenterna genom

problemlösningen samt att styra reflektion och diskussion kring arbetet (Watson & Fang, 2012).

Med utgångspunkt i existerande teori inom PBL presenterar Watson & Fang (2012) därefter ett ramverk för att effektivt implementera spelbaserat lärande i en existerande skolmiljö. Ramverket består av fem komponenter direkt tagna ifrån PBL: *problem*, *aktivering*, *utforskning*, *reflektion* och *facilitering* (Figur 2.16).



Figur 2.16: Processen i problembaserat lärande. Hämtad och översatt från Watson & Fang (2012, s. 82)

Alla spel bygger i grunden på ett problem som ska lösas (Watson & Fang, 2012). Spel ämnade för inläring använder i regel ett problem som på något sätt efterliknar en verklig problemställning, och i problem-fasen är det lärarens uppgift relatera lösningen av detta problem till de övergripande lärandemålen. Lärandet bör inte helt definieras av spelets regler och begränsningar, utan spelet bör snarare användas som ett av flera verktyg för att skapa förståelse (Watson & Fang, 2012).

Aktivering syftar till den användning av latent, tidigare inhämtad kunskap som krävs för att påbörja problemlösningen och skapandet av nya insikter (Watson & Fang, 2012). Studenterna i ett spelbaserat lärandesystem behöver hjälpas av både spelet och läraren att komma ihåg, formulera, demonstrera och dela med sig av sin tidigare förståelse. Med utgångspunkt i denna kan de sedan börja passa in och relatera sina nya insikter till sin existerande kunskapsbas. Läraren kan hitta möjligheter till aktivering i förväg genom att bekanta sig med spelets struktur och vanliga förlopp, men måste också hela tiden leta efter oförutsedda möjligheter att koppla aspekter av problemlösningen till sådant studenterna redan förstår väl (Watson & Fang, 2012).

Utforskning är den huvudsakliga problemlösningsfasen i PBL, där studenterna efter att ha inventerat sin existerande kunskapsbas utforskar vilken ytterligare kunskap de behöver finna för att lösa sitt givna problem (Watson & Fang, 2012). Utforskningen är en iterativ,

experimentell process, där studenterna explicit eller implicit formulerar hypoteser som sedan testas och utvärderas. Spel utgör en miljö där det är relativt säkert och riskfritt för studenterna att komma fram till och testa sina idéer, jämfört med ett problem i verkligheten. När den bästa lösningen har identifierats har också den nödvändiga kunskapen inhämtats. Ifrån lärarens håll är det i denna fas viktigt att leda utforskningen för att leda studenterna i rätt riktning och se till att de gör framsteg. Det är också viktigt att läraren även här lyfter fokus något utanför spelets mekaniker och betonar den faktiska förståelsen problemet är menat att skapa, då det annars är lätt att för mycket fokus hamnar på rena poäng, spelnivåer och så vidare. Till sist kan läraren försöka få studenterna att samarbeta i sitt utforskande, för att tillsammans jämföra och diskutera olika strategier och lösningsförslag (Watson & Fang, 2012).

En av de mest centrala delarna i PBL är reflektionen, då det är denna som förhöjer spelupplevelsen till en lärandeprocess (Watson & Fang, 2012). Spel är mycket uppslukande, och om studenterna tillåts spela spelet utan avbrott är det lätt att de slutar tänka över sina beslut och sitt spelande noggrant. Det är därför viktigt för läraren att kontinuerligt skapa möjligheter för studenterna att reflektera över sitt spelande; vilka beslut de tagit och vilka resultat dessa har fått. Detta kan antingen ske genom att läraren avbryter spelets förlopp, genom att studenterna turas om att spela och därför även får se på när andra spelar och reflektera därefter, eller genom att låta studenterna själva dokumentera sina upplevelser i spelet. I ännu större utsträckning än i utforskningen är det här positivt att skapa samarbete mellan studenterna, genom att låta dem dela med sig av och diskutera sina spelupplevelser med andra studenter. (Watson & Fang, 2012).

Den sista processen i ramverket är facilitering, och innefattar allt annat som läraren måste göra för att möjliggöra effektiv inläring (Watson & Fang, 2012). Spelmiljöer kan vara mycket intensiva och förvirrande, varför det är centralt att läraren kontinuerligt hjälper studenterna att omtolka och relatera händelserna i spelet till sitt övriga lärande. Läraren måste ställa rätt frågor vid rätt tidpunkter för att hjälpa studenterna att självständigt uppnå förståelse, detta genom att tvinga dem att förklara och strukturera sin problemlösnings- och inlärningsprocess. Läraren kan också om det behövs ge studenterna ledtrådar eller själv demonstrera vissa steg i processen, för att undvika att de fastnar för länge. Slutligen är det också lärarens uppgift att se till att alla studenter får möjligheten att medverka i gruppdiskussioner, att kontinuerligt sammanfatta diskussionen och händelseförloppet för att återkoppla till tidigare lärdomar, samt att ge slutgiltig feedback på studenternas arbete (Watson & Fang, 2012).

2.3.7 Implementationsmodell från Gamification Fieldbook

Lärande spel blir allt vanligare och för att kunna genomföra en effektiv spelifiering är kunskap inom området viktig både i utbildning och i näringslivet (Kapp et al., 2014). Av denna anledning har ett behov uppstått av mer praktiska guideböcker, där modeller och processer för spelifiering, som även kan användas av den mindre insatta, presenteras. Kapp et al. (2014) försöker tillgodose detta behov genom att sammanställa sina erfarenheter av spelifiering i en modell som främst vänder sig till praktiker inom spelifiering. Modellen, som baseras på praktiska exempel, innefattar kritiska frågor att ha i åtanke vid spelifiering och

spelimplementationer. Dessa frågor kategoriseras som fundamentala frågor, praktiska frågor, frågor rörande poängräkning och bedömning, samt frågor som avser spelkänsla (Kapp et al., 2014).

De fundamentala frågorna lägger grunden för och avser att ge en övergripande blick över spelifieringen (Kapp et al., 2014). Först och främst betonas vikten av att identifiera det problem som är bakgrunden till behovet av en spelifiering och vad som vill uppnås, alltså vilket gap i kunskap och beteende hos spelarna som önskas överbryggas. Det är därför av vikt att ha en tydlig bild av vilka lärdomar den spelifierade produkten ska förmedla och ett naturligt nästa steg blir att klargöra vad som krävs för att dessa lärandemål ska uppnås (Kapp et al., 2014).

De praktiska frågorna lämnar sedan den innehållsmässiga biten i spelifieringen och fokuserar istället på kringliggande angelägenheter (Kapp et al., 2014). Bland annat är det viktigt att ha en tydlig uppfattning om vilka som kommer att spela spelet för att kunna anpassa spelet baserat på detta. Spelifieringen måste dessutom utföras med logistiska begränsningar i åtanke, exempelvis hur ofta och hur länge den spelifierade produkten ska spelas. Dessutom kräver spelifieringen anpassning till den fysiska och tekniska miljön i vilken dess produkt är avsedd att spelas (Kapp et al., 2014).

Frågorna som rör poängsättning och bedömning är centrala för att behålla spelarnas fokus och att leda dem på vägen mot lärandemålen (Kapp et al., 2014). För att detta ska bli möjligt krävs det bland annat att bedömningskriterierna, ofta i form av resultatvariabler, i någon mån speglar lärandet. Detta innebär att det bör finnas en positiv korrelation mellan spelarnas förståelse för innehållet och resultatvariablerna. Det är också viktigt att ha i åtanke hur bedömningen påverkar spelets utfall. Det är ett rimligt antagande att varje möjligt spelscenario någon gång kommer att äga rum, och att undersöka hur de olika scenarierna påverkar spelarnas förutsättningar blir därför centralt (Kapp et al., 2014).

Till sist behandlar frågorna spelkänsla, vad som är de ingående aktiviteterna i spelet (Kapp et al., 2014). Att noggrant tänka över och bilda en tydlig uppfattning om detta är ett väldigt viktigt steg i spelifieringen. Det är också essentiellt att definiera när spelningen tar slut, och om det finns eventuella tillstånd som innebär att spelarna vunnit eller förlorat (Kapp et al., 2014).

2.3.8 Iterativ speldesign

Då spel och spelarnas interaktion med dessa är mycket komplicerade och oförutsägbara processer är det nära på omöjligt att förutsäga hur en spelare kommer att uppleva en spelupplevelse (Salen & Zimmerman, 2004). Att designa ett spel med ett helt teoretiskt tillvägagångssätt skapar därför ofta inte det resultat som planerats. Istället är det centralt att kontinuerligt under utvecklingsprocessen skapa spelbara prototyper och att låta dessa testspelas av försökspersoner ur den för spelet tilltänka målgruppen. (Salen & Zimmerman, 2004).

I en optimal speldesignprocess så testas en första interaktiv prototyp, som endast innefattar de mest fundamentala spelreglerna och -mekanikerna, högst 20 procent in i utvecklingsförloppet (Salen & Zimmerman, 2004). Utifrån de reaktioner och den feedback som samlas in ifrån provspelarna efter detta första speltest görs sedan nästa uppsättning designbeslut, och en ny prototyp skapas från det justerade konceptet. Genom att på detta sätt iterativt designa, realisera, speltesta och utvärdera spelkonceptet kan konceptets funktion och måluppfyllelse kontinuerligt säkerställas. (Salen & Zimmerman, 2004).

Iterativ speltestning kan användas för att testa och optimera alla delar i spelkonceptet (Salen & Zimmerman, 2004). Tidiga test kan utvärdera den grundläggande spelidén och fundamentala spelmekaniker, medan test senare i processen kan utvärdera effektiviteten hos olika strategier och anpassningen till olika spelstilar, eller testa spelets övergripande utmaning och flöde. Slutgiltiga speltest används för att optimera speltiden, spelarnas resurstillgångar och startpositioner eller olika tids- eller poänggränser, för att skapa en jämn framfart genom spelet med väl avvägda utmaningar. (Salen & Zimmerman, 2004).

Ett sätt att arbeta med iterativ speldesign är att utgå ifrån ett stort, överkomplicerat spelkoncept där ett medvetet högt antal spelmekaniker, designdetaljer och komponenter inkluderats, för att sedan successivt kassera de delar som inte mottogs väl av testpersonerna (Salen & Zimmerman, 2004). Resultatet av denna process blir ett koncept där varje ingående del valts ut och testats noggrant och där bara de bästa delarna av originalkonceptet finns kvar. (Salen & Zimmerman, 2004).

En viktig fråga att ta ställning till i en iterativ speldesign-process är vem som ska testa spelet (Salen & Zimmerman, 2004). För majoriteten av speltesterna är det fördelaktigt att använda en grupp erfarna speltestare som får testa spelet kontinuerligt under utvecklingsprocessen. Dessa testare kommer att vara väl insatta i spelet, lära sig nya versioner snabbt och ha med sig kunskap om olika delar och tidigare versioner till varje nytt speltest. De kan därför ge snabbare, mer träffsäker och insiktsfull feedback än individer som testat spelet för första gången. Samtidigt kommer dessa spelare efter successiva spelningar lära sig spelets förlopp och optimala strategier. Det är därför viktigt att också ibland låta en helt ny grupp spelare testa en prototyp, för att kunna testa den verkliga utmaningen och inlärningstiden för icke insatta individer. Till sist är det också optimalt att vid vissa kritiska punkter i utvecklingsprocessen testa spelet med en mycket större, mer heterogen grupp testare, där fokus läggs på att undersöka spelet från en så stor bredd olika synpunkter som möjligt. (Salen & Zimmerman, 2004).

3. METOD

I detta avsnitt presenteras den valda metoden för projektet. Metoden bestod av fem delar där första steget var *problem* vilket följdes av *litteraturstudie*, *benchmarking*, *konceptgenerering* samt *verifiering* med tillhörande analys (Figur 3.1). Metoden har utformats likt en syntes-analysloop (Johannesson et al., 2004). Metoden startade med en fas där problemet definierades. Då fastställdes för *vem* slutprodukten är riktad till. En beskrivning av *vad* som ska inkluderas i denna togs fram i litteraturstudien. Efter detta följde en syntesprocess som visade på *hur* de valda delarna skulle förmedlas, i vilken det inkluderades en benchmarking-studie, konceptgenerering samt verifiering.



Figur 3.1: Illustrering av metoden med den iterativa analysprocessen, där pilen från verifiering till konceptgenerering representerar de korrigeringar i konceptet verifieringen ger upphov till. Baserad på Johannesson et al. (2004, s. 58)

3.1 Problem

Studien inleddes med en fas där fokus låg på att besvara den första av de tre frågeställningarna, *vem* spelet ska utformas för. Då det fastställdes att frågeställningarna är beroende av varandra och att ett svar direkt påverkar svaret på nästkommande frågeställning lades stor vikt vid en ingående diskussion om olika alternativ.

Under diskussionerna har problematiken runt området underhåll och varför det inte ges tillräckligt utrymme ute i industrin diskuterats. Diskussionens utgångspunkt var hur kunskapen på effektivaste sätt förmedlas till den verksamma industrin. För att svara på frågeställningen hölls inom gruppen en workshop, under denna fastställdes det hur kunskapen som ska förmedlas genom spelet på bästa sätt får spridning ut i näringslivet. Detta tillvägagångssätt användes för att analysera alla tänkbara alternativ och ta ett så välgrundat beslut som möjligt. Detta för att säkerställa att projektet rörde sig åt rätt håll redan i den inledande fasen.

3.2 Litteraturstudie

Litteraturstudien har genomgått tre faser där datainsamling skett. Dessa har sedan varvats med workshops för att fördela kunskapen jämnare inom gruppen, utöka kunskapsbredden och klargöra inom vilka delar en fördjupning bör ske, vilket har avslutats med en kompletterande insamling och sammanställning (Figur 3.2).



Figur 3.2: Illustration av den litteraturstudie som genomförts

Till en början har en omfattande insamling av sekundärdata skett. Genom att införskaffa information från flera källor har en bred kunskapsbas erhållits inom områdena underhållsteori, inläring, spelifiering, spelutveckling och benchmarking. De olika källor som använts är internet, tidskrifter samt litteratur. För att garantera en bred kompetens inom gruppen delades kunskapsområdena upp. Hälften av gruppmedlemmarna fokuserade på kunskap inom underhållsteori, medan resterande medlemmar fokuserade på spelifiering och spelutveckling, varav en person ansvarade för teori kring benchmarking. För att hela gruppen skulle dela samma kunskapsbas hölls under en dag ett litteraturseminarium där gruppmedlemmarna fick dela med sig av sin inhämtade kunskap. Det gjordes genom en kortare powerpointpresentation, med efterföljande diskussion, för att förmedla kunskapen på ett överblickbart vis.

För att komplettera kunskapen inom underhållsteori utnyttjades den kunskap som Institutionen för produkt- och produktionsutveckling på Chalmers tekniska högskola besitter. Denna kunskap införskaffades genom en workshop med projektets handledare som båda tillhör avdelningen Produktionssystem från Institutionen för produkt- och produktionsutveckling på Chalmers tekniska högskola. I början av workshopen hölls det en kort introduktion om arbetet för att alla deltagarna skulle ha en idé om vad projektet verkligen handlar om. Ett schema var satt för att tydligt kunna se och följa vad som var planerat att göra under dagen. Workshopen utformades efter de tre frågeställningarna som tidigare nämnts där gruppen först presenterade det framtagna svaret på frågeställningen *vem* spelet bör utformas för.

För att komma fram till ett svar på *vad* spelet ska lära ut användes KJ Shiba-metoden, utformad efter Jiro Kawakita (Spool, 2004). Metoden är ett effektivt sätt att nå konsensus vid komplexa samt diffusa problem (Spool, 2004). Syftet med att använda denna metod var att gruppen snabbt skulle få en bild över vilka delar inom underhåll som spelet bör ta upp. Det första steget i metoden grundar sig i en brainstorming där deltagarna fick dela upp sig i grupper om tre. Under brainstormingen tog respektive grupp fram en mängd olika svar på vad inom underhåll som kunde tänkas vara relevant för spelet och fick anteckna dessa var för sig på post-it lappar. Därefter fick deltagarna under diskussion gruppera post-it lapparna efter hur de kunde kopplas till varandra. Deltagarna fick sedan rösta på vilka tre grupper som de ansåg vara mest väsentliga för spelet, dessa tre områden låg sedan till grund för att besvara nästa frågeställning *hur*. Resultatet från KJ Shiba-workshopen låg sedan till grund för den kompletterande datainsamlingen och sammanställningen.

För att genomföra nästa del av workshopen, som behandlade *hur* kunskapen ska läras ut, användes en annan metod. Deltagarna behöll sina mindre grupper som var för sig fick spåna fram hur innehållet skulle kunna förmedlas till spelets deltagare. För att stödja denna process försågs deltagarna med ett antal frågor, vilka utgör ett underlag för diskussion och bör finnas i åtanke vid framtagandet av ett pedagogiskt spel, baserade på spelifieringsteori (Bilaga B). Dessa gav en utgångspunkt för vilka områden som borde belysas i spåningsprocessen. Det var dock av vikt att deltagarna i gruppen inte kände sig låsta av frågorna, utan var medvetna om att de fick lov att tänka utanför ramen. Detta för att styra diskussionerna åt rätt håll men

samtidigt undvika att idéer av värde inte uppmärksammades. Efter att smågrupperna diskuterat ett tag fick de presentera sina tankar inför den andra gruppen. Efter det hölls en diskussion i helgrupp där fördelar, nackdelar och förbättringar med de olika tankar som kommit upp övervägdes.

3.3 Benchmarking

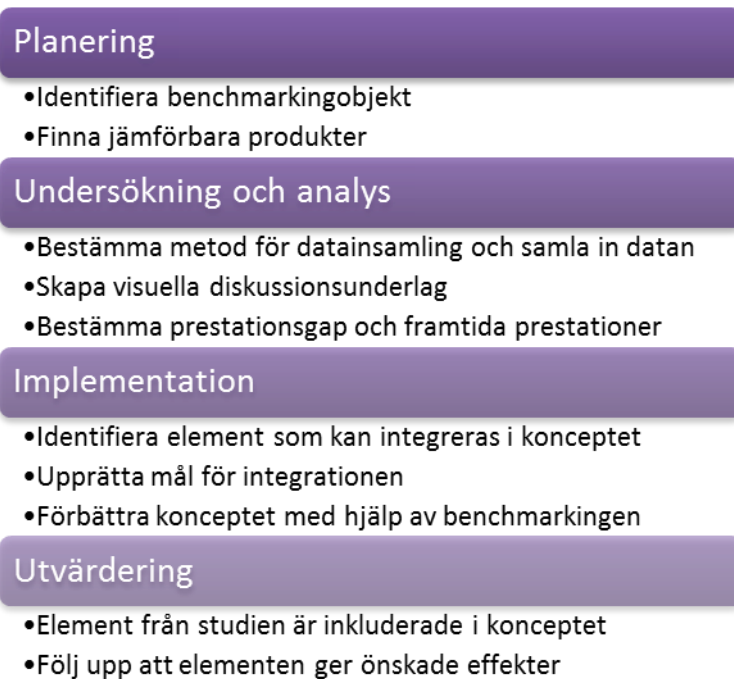
En benchmarking-studie görs främst för att lära av befintlig kunskap som finns på marknaden, och implementera denna i den egna organisationen genom att tillämpa kunskapen på de egna produkterna (Camp, 1998). Att studera befintliga produkter ger fördelar utöver utnyttjande av redan befintliga kunskap. Det får enligt Camp (1993a) gruppen att bilda en samstämd uppfattning och sätta tydliga mål, det erbjuder en metod för att utvärdera den egna produkten, det säkrar konkurrenskraftighet på marknaden och sökandet i sig uppmuntrar individer att själva söka efter den bästa lösningen.

För att lära av befintliga spel på marknaden har därför en benchmarking-studie genomförts. Som metod för att förbättra processer och produkter bland företag har benchmarking använts sedan slutet av 70-talet. Enligt Camp (1993b) är det dock svårt att hitta en vedertagen metodik som används då företag ofta utvecklar egna benchmarking-metoder vid projektens start, detta för att metoden ska kunna anpassas för den aktuella situationen, för projektet utvecklades också en egen metod genom att följa de faser som Mann & Kohl (2010) föreslår för *best practice benchmarking* (Figur 3.3). Faserna har kompletterats med stegen i *The Benchmarking Process* (Camp, 1998). De båda modellerna har modifierats, anpassats och tolkats för att överensstämna med den benchmarking som varit aktuell för projektet (Figur 3.4).



Figur 3.3: Steg för best practice benchmarking enligt Mann & Kohl (2010)

Första fasen är planering där det beslutades om att det var pedagogiska spel, som främst behandlar områden inom underhåll eller verksamhetsutveckling, samt datorspel som var aktuella för studien. För att erhålla en produkt som inte är en imitation av dagens marknadsledare bör produkter utanför det egna området studeras, i det aktuella fallet bör spel utanför underhåll analyseras. Då kan lärdomar om tillvägagångssätt och nya idéer som kan erbjuda ett konkurrensmässigt försprång upptäckas (Evans & Lindsay, 2011). Det finns två kategorier inom benchmarking, intern och extern benchmarking. En intern benchmarking-studie syftar till att studera de resurser som finns tillgängliga inom organisationen. Chalmers tekniska högskola innehar rättigheterna för ett antal spel och dessa har därför gruppen kunnat spela utan kostnad. En extern benchmarking-studie innebär att studera resurser som ej tillhör organisationen, detta har gruppen gjort genom de datoriserade benchmarking-objekt som studerats, samt vid observationen av ett externt objekt.



Figur 3.4: Schematisk bild över benchmarking-fasen, vilken är härledd ur Camp (1998) och Mann & Kohl (2010)

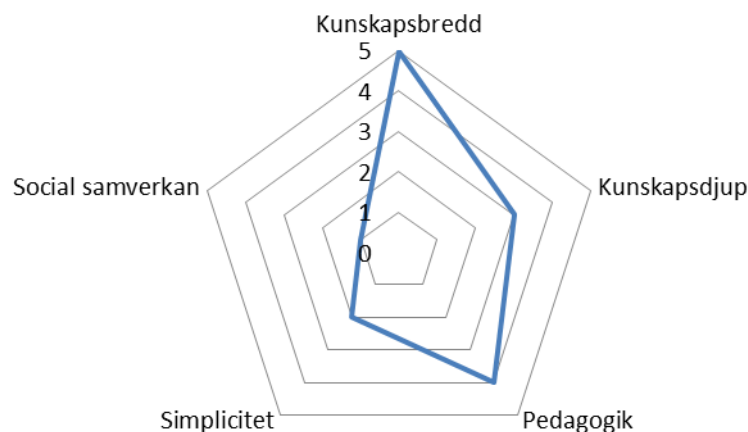
Nästa fas för benchmarkingen var undersökning och analys. Den startade med en datainsamling, vilken krävdes för analysen. Datainsamlingen skedde på två vis, antingen spelade gruppen de undersökta spelen eller så observerades spelförfarandet och diskussioner med deltagare och spelare hölls. Utöver de interna spelen har kontakt med externa leverantörer av pedagogiska spel tagits, och vid ett tillfälle har gruppen varit med som observatörer när andra spelade och åstadkom då en relativt god förståelse för spelet. De observationer som gjordes av gruppen dokumenterades skriftligt under tiden vilka sammanställdes efteråt. De observerade deltagarna bör i förväg få veta att de kommer att bli observerade (Pulliam & Stawarski, 2008).

Nästa del i fasen är analysen av spelen efter hur väl de lyckas förmedla önskad kunskap. För att få ett gemensamt underlag för att analysera de olika spelen har en anpassad modell av IDEF0 använts. IDEF0 är en modell för att schematiskt beskriva en process. Den visualiserar vilka olika faktorer som påverkar en aktivitet. De påverkade faktorerna delas upp i *input*, *control*, *mechanism* och *output*. De olika elementens betydelse fastställs för varje enskild aktivitet för att kartlägga en komplexitet. Definitionen jämförd med projektets tolkning och tillämpning av modellen visas i Tabell 3.1.

	IDEF0	Tolkning i projektet
Input	Saker som nyttjas i aktiviteten.	De förändringar som styr spelet.
Control	De som ser till att aktiviteten utförs ordentligt.	De regler och den data beslut kan baseras på.
Mechanism	Saker som nyttjas utan att förbrukas.	Vad spelarna kan göra.
Output	Det som produceras av aktiviteten.	Resultatet som kommer av spelet.

Tabell 3.1: Tillämpningen av IDEF0 under projektet jämfört med definitionen enligt Federal Information Processing Standards Publications (1993)

Gruppens samlade åsikter om spelen har också sammanställts i spindeldiagram för att ge bra grund för vidare diskussion (Figur 3.5). Spindeldiagram används inom benchmarking för att visualisera prestationsnivån för givna framgångsfaktorer (Andersen & Pettersen, 1997). Med de båda underlagen som grund har det diskuterats vad som skulle kunna användas vid den konceptgenerering som gjordes. De prestationsgap som kunde identifieras mellan spelen illustrerades genom de spindeldiagram som sammanställdes. De identifierade element, vilka kunde nyttjas vid den kommande konceptgenereringen, sammanställdes i IDEF0-analyserna



Figur 3.5: Det spindeldiagram som benchmarkingobjekten kategoriserats med

Analysfasen efterföljs av en integrationsfas där de lärdomar som gruppen erhållit genom benchmarkingen integrerats i det slutgiltiga konceptet. För att inse hur element från de spel som gruppen testat kunde inkluderas i det nya konceptet användes resultatet från IDEF0-analyserna. Spindeldiagrammen användes för att förstå vilken effekt föreslagna förändringar skulle ha på det slutgiltiga konceptet. Vid detta steg formulerades också mål för konceptet och hur de element som benchmarkingen bidragit med skulle påverka spelförfarandet.

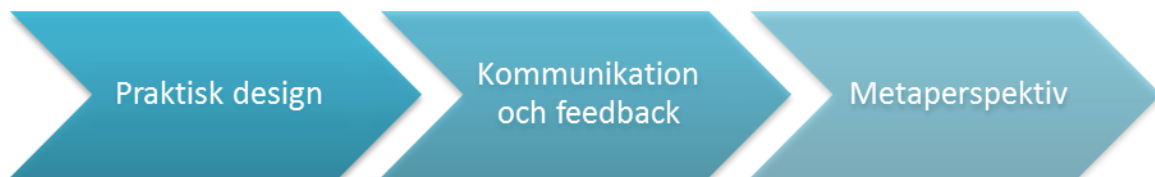
Den mognadsfas som sedan kommer ligger bortom projektet men är viktig i en fortsatt studie. För att utvärdera hur de inslag som använts från benchmarking-studien fungerar att tillämpa i

det egna konceptet bör, vid den interna utvärderingen av den slutgiltiga produkten, resultaten från benchmarkingen granskas.

3.4 Konceptgenerering

Konceptgenereringen gav svaret på den sista frågeställningen; hur den valda kunskapen ska förmedlas till målgruppen. Då detta steg i processen summerade ihop frågeställningarna var det viktigt att det baserades på all den informationsinsamling som utförts tidigare i projektet. Informationen kompletterades dessutom kontinuerligt med ytterligare information där detta ansågs nödvändigt.

Som grund för konceptgenereringsprocessen utformades en modell, huvudsakligen baserad på en metod från Kapp et al. (2014). Modellen är tänkt för utveckling av ett socialt pedagogiskt spel, och är alltså inte lämplig att använda vid utveckling av spel för en ensam spelare. Eftersom modellen tydligt speglade projektets utvecklingsprocess ansågs den erbjuda effektivt stöd vid konceptgenereringen samtidigt som den kunde användas för att säkerställa ett komplett och välutvecklat spelkoncept. Projektets process för att få fram ett spelkoncept delades upp i tre delar (Figur 3.6), där *Praktisk design* besvarar hur spelet kommer att gå till, *Kommunikation och feedback* ger en bild över informationsflödet och *Metaperspektivet* beskriver vad spelarna får ut av spelet.



Figur 3.6: Illustration av processen för konceptgenereringen härledd ur Kapp et al. (2014)

För att underlätta varje delprocess sammanställdes övergripande frågor till varje del (Figur 3.7). Modellen kompletterades med delar av Watson & Fangs (2012) ramverk, då det ansågs ta upp önskvärda aspekter av pedagogisk spelifiering som saknades i grundmetoden. Förutom denna metod tas också hänsyn till andra viktiga idéer, såsom flow, Bartles spelartyper och social gameflow (avsnitt 2.3). Modellens mer detaljerade underfrågor återfinns i Bilaga A. Delarna behandlades inte helt sekventiellt, men ett fokus fanns ändå på att besvara tidigare frågor först, då dessa hade en stark inverkan på senare frågor.



Figur 3.7: De övergripande frågor som stödjer delprocesserna, härledda ur Kapp et al. (2014) och Watson & Fang (2012)

Konceptgenereringen använde frågorna som utgångspunkt, och genom att besvara samtliga frågor ansågs ett fullständigt svar på den tredje frågeställningen givits. För att komma fram till svaren listades alternativ för varje fråga samtidigt som konceptet som helhet diskuterades. En viktig utgångspunkt var den underhållsteori som spelet skulle förmedla samt de framtagna lärandemål för spelet som ansågs essentiella att inkludera. Vidare gav lärdomarna från benchmarking-studien betydelsefull vägledning och inspiration. Tankar kring konceptet har funnits redan innan konceptgenereringen startade, dock var det viktigt att kritiskt granska dessa tidiga idéer för att inte under utvecklingen låsa konceptet. Det framtagna förslaget har kontinuerligt reviderats under verifieringen.

3.5 Verifiering

Verifiering av spelkonceptet var en viktig del av utvecklingsprocessen, och utgick ifrån de tre frågeställningarna. Det optimala sättet att verifiera resultatet hade varit att genomföra utvärderande speltester där en prototyp av spelet fått spelas av testgrupper. I detta projekt gick dock aldrig processen så långt att en spelprototyp kunde tas fram och testas, utan projektets

resultat behövde istället verifieras redan som ett koncept. För detta ändamål har en mer teoretisk verifiering genomförts.

Projektets första två frågeställningar har båda verifierats av underhållsexperter från avdelningen Produktionssystem på Institutionen för produkt- och produktionsutveckling på Chalmers tekniska högskola. Den första frågeställningen verifierades för att garantera att den färdigställda slutprodukten hade möjlighet att skapa en bra spridning av den behandlade kunskapen inom industrin. Den andra frågeställningen verifierades för att säkerställa att konceptet inkluderat en tillräckligt stor del av den vetenskapliga grund som tidigare faststälts som central för spelet. Denna verifiering har skett både genom kontinuerlig kontakt och dialog samt på ett möte där förslaget presenterades och feedback på detta erhöles.

För verifiering av den tredje frågeställningen fanns ingen möjlighet att använda ämnesexperter inom spelpedagogik, utan denna utfördes istället helt genom kontroll mot inhämtad teori. Detta gjordes huvudsakligen genom att kontrollera så att alla frågor i konceptgenereringsmodellen (Bilaga A) blivit fullständigt besvarade. En mer utförlig verifiering har även gjorts av spelets upplägg, inlärningsprocesser och mekaniker genom en granskning hur väl dessa följde de rekommendationer som givits i teorin.

4. SPELET

I kapitlet presenteras det spelkoncept som tagits fram, vilket i avsnitt 4.1–4.8 benämns synonymt med spelet. I avsnitt 4.9 och 4.10 samt resterande del av rapporten ses begreppen dock inte som synonymer. Först redogörs i avsnitt 4.1 för den bakgrund utifrån vilken konceptgenereringen utförts; svaren på de första två frågeställningarna presenteras och dessas inverkan på det slutgiltiga konceptet diskuteras. Därefter presenteras i avsnitt 4.2 spelets övergripande upplägg och mekaniker, samt tankarna bakom dessa, för att ge läsaren en initial helhetsbild av det framtagna konceptet. Spelets fyra olika nivåer definieras i avsnitt 4.3, och spelarnas framåtskridande genom dessa förklaras. De tre olika roller som spelare kan inta i spelet redogörs för i avsnitt 4.4, följt av vilken information varje roll har att tillgå och vilka beslut den förväntas att ta baserat på detta i avsnitt 4.5. Besluten utlöser sedan respons i olika former från spelet, vilket beskrivs i avsnitt 4.6. I avsnitt 4.7 presenteras förslag för spelets visuella gränssnitt, och viktiga aspekter i detta framhävs. I avsnitt 4.8 förklaras hur lärdomarna från benchmarking-studien inkluderats i konceptet. I avsnitt 4.9 diskuteras hur spelkonceptet har verifierats med hjälp av både den framtagna verifieringsmodellen samt genom att relatera konceptet till tidigare presenterad teori. I avsnitt 4.10 ges avslutningsvis förslag och rekommendationer för en vidareutveckling av spelkonceptet.

4.1 Spelets bakgrund

Spelets syfte är att förmedla vikten av en helhetssyn på underhåll och hur ett kontinuerligt arbete med underhåll kan påverka övriga delar inom ett företag. Eftersom spelet ska behandla ett brett perspektiv på underhåll simulerar spelet en producerande industri. Spelets förkunskapskrav har bestämts innefatta grundläggande kunskaper inom underhållsteori, produktion och ekonomi. Det för att spelet ska kunna innefatta tillräcklig kunskapsbredd och -djup utan att ta för lång tid att spela eller upplevas som övermäktigt. Förkunskapskraven möjliggör också att valda områden inom underhåll kan kopplas till övergripande frågor på en strategisk nivå.

Spelets målgrupp diskuterades på en workshop där möjliga alternativ listades. Där framkom det att studenter var den mest fördelaktiga gruppen, varpå de valdes som målgrupp för spelet. Detta för att de på ett naturligt sätt kommer kunna förmedla kunskapen vidare och implementera den i näringslivet via framtida anställningar. Då studenterna också fördelar sig över ett flertal branscher och företag förväntas kunskapen få en stor spridning. Samtidigt befinner sig studenter i en lärande miljö, och då spel fungerar väl ihop med andra inlärningsmetoder medför detta att det blir enklare för studenter att ta till sig av kunskapen. Detta innebär inte att användarbasen begränsas till målgruppen, utan endast att spelet utformas för denna, och möjligheten att även fungera för en bredare målgrupp kvarstår.

För att bestämma vilka delar av den teoretiska grunden som spelet skulle behandla har en KJ Shiba-analys utförts tillsammans med representanter från Institutionen för produkt- och produktionsutveckling på Chalmers tekniska högskola (avsnitt 3.2). Resultatet av denna analys var nio ämnesgrupper, prioriterade i följande ordning: *Ekonomi*, *Production service*, *Underhållstyper*, *Mätetal/data*, *Personalperspektiv*, *Hållbarhet*, *Underhållskoncept*, *Skillnader i produktionslayouter* och *Övrigt*. Mer utförlig information om dessa grupper

återfinns i Bilaga C. Spelet belyser främst de tre mest prioriterade områdena; Ekonomi, Production service och Underhållstyper, men för att kunna förmedla ett helhetsperspektiv på underhåll behöver spelet även beröra resterande områden.

För att särskilja spelet från befintliga spel på marknaden inom ämnet underhåll inkluderar spelet ett hållbarhetsperspektiv som innefattar hållbarhetens samtliga tre dimensioner. Hållbarhet valdes som särprägel då detta utvecklas till att bli en mer central del av företags verksamhet (Lindgreen & Swaen, 2010). För att lyfta fram helhetsperspektivet inom underhåll är det övergripande målet med spelet att spelarna med hjälp av underhåll ska vända ett icke lönsamt företag till att bli lönsamt. Att använda vedertagna resultatvariabler, som lönsamhet, är ett vanligt sätt att räkna poäng i lärande spel, något som är centralt för att behålla spelarnas fokus (Kapp et al., 2014). Dessutom är ett tydligt och konkret mål en faktor som starkt bidrar till att skapa ett stadie av flow hos spelarna (Chen, 2007).

4.2 Introduktion till spelet

Spelet är ett datorspel för tre spelare utformat kring företaget Gökboet AB och dess produktion av fågelholkar. Detaljerad information om företaget och dess produktion återfinns i Bilaga D. Företaget går i spelets inledande skede med förlust och spelarnas utmaning är därmed att försöka vända denna trend så att företaget blir lönsamt. Spelarna intar varsin av spelets tre roller: en blir underhållsansvarig (hädanefter "U"), en produktionsansvarig (hädanefter "P") och en ekonomiansvarig (hädanefter "E"). Spelarna får under spelets gång tillgång till olika typer av information om företaget och dess produktion, och får sedan fatta beslut kring företagets verksamhet baserat på denna information. Informationen som varje spelare får tillgång till, liksom de beslut varje spelare får möjlighet att fatta, skiljer sig åt för respektive roll.

Spelets förlopp delas upp i fyra nivåer som skiljer sig åt vad gäller bredd och djup på underhållsteori, grad av kommunikation, tillgänglig information samt möjliga beslut. Varje nivå spelas i ett antal rundor, där varje runda representerar en månad i spelets tid. Under varje runda får spelarna fatta ett antal beslut, för att undersöka hur dessa påverkar produktionen och företagets lönsamhet. Rundorna är tidsbegränsade för att spelet inte ska kunna pågå allt för länge, men denna begränsning lämnar tillräcklig tid för spelarna att hinna tänka igenom sina beslut.

För varje nivå finns det ett gemensamt mål som spelarna tillsammans ska försöka uppnå, varpå de kan gå vidare till nästa nivå. Kunskapsbredden i den första nivån är relativt smal, då fokus ligger på att introducera spelarna till de olika funktionerna i spelet. Nivåerna blir sedan mer och mer komplexa då mängden information och beslutsmöjligheter som varje spelare ställs inför kontinuerligt ökar. Samtidigt ökar också spelarnas möjlighet att kommunicera med varandra, från att varje spelare under den första nivån spelar ensam till det att spelarna i senare nivåer sitter tillsammans och att alla beslut tas gemensamt. För att spelarna inte ska fastna för länge på någon av nivåerna får de vid behov löpande tips från spelet. Utöver detta balanserar spelet också utmaningen för spelarna och fokuserar deras uppmärksamhet på viktig problematik via fördefinierade event som påverkar spelförloppet.

Praktiskt sett placeras spelarna slumpmässigt vid varsin dator, där de automatiskt blir tilldelade en roll och sedan får tillgång till spelet genom ett rollspecifikt användargränssnitt med tillhörande information och beslutsmöjligheter. Genom sitt användargränssnitt får varje spelare därefter en kort introduktion till verksamheten, sin egen roll samt spelets upplägg och mål. När spelet sedan startar presenteras i användargränssnittet information, funktioner och beslutsmöjligheter för varje spelare.

Spelet är tänkt spelas under en heldag, men det är möjligt att en något enklare version av spelet kan avklaras på kortare tid. Efter att speltillfällets samtliga grupper är färdiga med alla nivåer hålls en avslutande reflektion och diskussion i storgrupp, med syfte att dela kunskap och insikter samt befästa spelets lärdomar för samtliga medverkande spelare.

4.3 Nivåer

För att erhålla den helhetssyn som är avsedd krävs det att spelarna tar sig igenom alla nivåer i spelet. Detta då spelets teoretiska omfattning ökar successivt under spelets gång genom att mer information tillhandahålls spelarna för varje nivå. Uppdelningen av spelet i nivåer möjliggör utöver gradvis ökning av spelets omfattning dessutom tillfälle för spelarna att stanna upp och reflektera under de naturliga avbrott i spelförloppet som sker mellan nivåerna. Att spelet består av fyra nivåer är ett resultat av hur de olika lärandemålen kan kategoriseras och hur motsvarande mål i spelet kan formuleras.

Det successiva ökandet av informationsflödet och spelets omfattning medför att spelarna hamnar i ett stadie av flow (avsnitt 2.3.3). Då tillgodoses spelarna bättre med den kunskap som spelet syftar till att förmedla. Skulle spelet upplevas för komplicerat eller för simpelt finns det stor risk att en spelare slutar engagera sig i spelet.

4.3.1 Kommunikation i spelet

Kommunikationen har till en början begränsats för att ge varje spelare möjlighet att bekanta sig med det egna användargränssnittet och spelets utformning, samt för att illustrera problematiken med en splittrad bild på underhåll. Under spelets första nivå förekommer ingen kommunikation mellan spelarna. Efter att nivån är avklarad får spelarna veta vilka deras medspelare är och får tillfälle att tillsammans kort reflektera över den första spelade nivån för att introducera kommunikation som en del av spelet. Hur kommunikationen utvecklas för varje nivå presenteras överskådligt i Tabell 4.1.

Nivå	Kommunikation
1.	Ingen kommunikation
2.	Spelarna vet vilka de samarbetar med, kan kommunicera begränsat genom mail
3.	Spelarna får placera sig bredvid varandra och diskutera sina beslut
4.	Spelarna tvingas kommunicera öppet för att lyckas fatta optimala beslut utifrån ett totalkostnadsperspektiv

Tabell 4.1: Hur kommunikationen mellan spelarna utvecklas under spelets gång

Under spelets andra nivå får spelarna fortfarande inte prata med varandra, men de har möjlighet till viss kommunikation genom spelets mailfunktion, vilken förklaras närmare i avsnitt 4.6. Möjligheten att skicka meddelanden till varandra ökar grupp- och samarbetskänslan samt ger varje spelare möjlighet att delge medspelarna sina planer. Anledningen till att spelarna ännu inte tillåts diskutera fritt är att de ska fokusera på att hantera det nya beslutsunderlag som introduceras och den ökade komplexitet som följer när fler variabler tillkommer. Det finns också ett egenvärde i att spelarna till en början fokuserar enbart på sina egna variabler och beslut, då detta gör att alla har något att bidra med när kommunikationen tillåts.

När spelarna sedan i den tredje nivån får sätta sig tillsammans, och då börja diskutera, lär de sig hur viktigt det är med kommunikation. De börjar då inse att rollerna i en organisation måste se bortom sina individuella mål för att få en helhetssyn på underhållsarbetet och möjliggöra goda resultat för företaget som helhet, vilket Alsyouf (2007) påpekar vikten av. Denna lärdom bekrästs hos spelarna då de märker att resultaten förbättras när de ges möjlighet att dela information med varandra och synkronisera sina mål.

Den fjärde, avslutande nivån kräver i ännu större utsträckning att spelarna öppet delar den information de får tillgänglig och gemensamt diskuterar de olika beslut som ska fattas av varje individ för att lyckas ta optimala beslut utifrån ett totalkostnadsperspektiv. Då spelarna under den tredje nivån lärt sig att kommunicera effektivt med varandra antas det att de på den avslutande nivån kan fokusera på att tillgodogöra sig all den kunskap som spelet förmedlar.

4.3.2 Lärandemål och mål för nivåerna

Varje nivå har tydliga lärandemål, som redogör för vad spelarna förväntas lära sig, samt mål de behöver uppnå för att gå vidare till nästa nivå. Dessa lärandemål och mål för varje nivå sammanfattas i Tabell 4.2.

Nivå	Lärandemål	Mål
1.	Förebyggande och avhjälpande underhåll	Balans mellan förebyggande underhåll, produktionstakt och budget
2.	LCC, OEE, Kritikalitet och andra mätetal	Balans mellan förebyggande underhåll och investeringar per maskin (relativt enkelt)
3.	Vikten av kommunikation mellan rollerna, och en helhetssyn på underhållet	Balans mellan förebyggande underhåll och investeringar per maskin (svårare)
4.	LCP, Helhetsperspektiv med betoning på hållbarhet och säkerhet	Nära på total optimering

Tabell 4.2: Lärandemål och mål för varje nivå

Lärandemålet för den första nivån är att spelarna ska förstå grunderna rörande förebyggande och avhjälpande underhåll (avsnitt 2.1.2.1 och 2.1.2.2). Detta är viktigt då balansen mellan avhjälpande underhåll och förebyggande underhåll har stor inverkan på tillgängligheten och lönsamheten (Hagberg & Henriksson, 2011; Mobley, 2002). Vidare så bör spelarna inse att deras resultat och beslut påverkas av medspelarnas beslut, likt när de indirekta underhållskostnaderna redovisas hos produktionsenheten (Hagberg & Henriksson, 2011), vilket också illustreras i spelet. För att klara nivån och ta sig vidare i spelet måste spelarna finna en balans mellan de variabler de styr. Det krävs alltså en avvägning mellan produktionstakten i fabriken och det förebyggande underhållet, samt att både U och P ges tillräckligt utökad budget för att kunna uppnå detta.

Andra nivån har som gemensamt lärandemål att spelarna ska förstå LCC, OEE, kritikalitet och andra mätetal för underhåll, så som felfördelningar och de olika driftsäkerhetsmåten (avsnitt 2.1.4). Det mål som spelarna behöver nå är att finna en bra balans av förebyggande underhåll per maskin beroende på maskinernas kritikalitet. Att fördela förebyggande underhåll per maskin är viktigt, då utrustning med höga haverikostnader bör prioriteras (Daley, 2008). Det kan verka naturligt att öka det förebyggande underhållet på maskiner med hög felintensitet, trots att detta kan vara det dyrare alternativet (Johansson, 1993). Genom att använda mätetal och felfördelningar kan slutsatser dras om vilken fas i badkarskurvan utrustningen befinner sig i (Moubray, 1997), varpå omfattningen av det förebyggande underhållet kan avgöras utifrån bättre beslutsunderlag (Hagberg & Henriksson, 2011). Det då förebyggande underhåll i den normala driftsfasen ej bör prioriteras (Smith, 1993).

Lärandemålen för nivå tre är att spelarna ska förstå vikten av kommunikation mellan olika avdelningar i en organisation, något som Alsyouf (2004) betonar vikten av. Det som skiljer målet mellan den tredje nivån och den andra är graden av balans som behöver uppnås, där tredje nivån har ett betydligt högre krav. När spelarna klarar den tredje nivån ser de att de därmed lyckats vända företaget så att det inte längre går med förlust. Då förstår spelarna att kommunikation mellan avdelningar är ett viktigt verktyg.

Under den fjärde nivån belyses hur ett hållbarhetsperspektiv påverkar underhåll. Därav är de lärandemål som finns för denna nivå att spelarna ska få en förståelse för LCP, hållbarhet och säkerhet. Detta kräver att spelarna kan tillgodogöra sig information från varandra för att tillsammans finna ett helhetsperspektiv på sin verksamhet. För att klara nivån, och alltså hela spelet, ska spelarna nå en nära på total optimering av underhållet, och med det ha vänt företaget från att gå med förlust till att bli lönsamt. De lär sig därmed att bra arbetsrutiner gällande underhåll kan ha en stor positiv effekt på verksamhetens resultat och bidra till att skapa lönsamhet för företaget. Målet för nivån används då underhåll idag ses som en vinstgenererande funktion, istället för en kostnadsbärare (Alsyouf, 2004). Genom att introducera hållbarhetsperspektivet introduceras eleven för det växande fokuset på hållbarhet (Lindgreen & Swaen), och paradigmskiftet att inte längre producera på ett effektivt sätt, utan snarare erbjuda funktionaliteten som efterfrågas av samhället samtidigt som energi- och materialkonsumtionen minimeras (Seliger, 2007).

Spelet introducerar den traditionella synen, med LCC, då dessa äldre åsikter kan leva kvar i industrin. Fokus flyttas sedan från den äldre synen till den moderna synen, vilken tar hänsyn till LCP (Alsyouf, 2004). Genom att spelarna bekantar sig med denna utveckling kan de påskynda förändringen i industrin från den traditionella till den moderna synen vid investeringskalkylering.

4.3.3 Möjlig problematik med nivåerna

På grund av den låga nivån av kommunikation i spelets inledande faser är det möjligt att alla spelare inte lyckas tillgodogöra sig den tänkta kunskapen för varje nivå. Detta motverkas genom möjligheten till reflektion efter varje avklarad nivå samt att spelarna på tredje och fjärde nivån uppmuntras till att diskutera vad de lärt sig. Att spelarna genom diskussion ges möjlighet att utveckla och komplettera varandras lärdomar är den främsta anledningen till att kommunikation integrerats som en betydande del i spelet, då detta förväntas leda till att merparten av kunskapen når alla spelare. För att detta faktiskt ska uppnås är det viktigt att alla spelare inkluderas i diskussionen för beslutsfattandet, något som underlättas genom att fördela viktig information mellan spelarna. I samband med detta får spelarna chans att bli experter inom sin egen roll under de två första nivåerna när de fattar beslut individuellt. Misslyckas spelarna att kommunicera med varandra är risken stor att det helhetsperspektiv som spelet avser att förmedla försummas.

En annan möjlig problematik med spelet är att det i sociala spel kan vara svårt att bibehålla spelarnas fulla koncentration. Risken för detta är speciellt stor om någon av deltagarna har intresse av att leda diskussioner ifrån spelet. Detta undviks genom att spelarna behöver kommunicera med varandra för att klara spelet, då de inte kan ta sig vidare utan att delge varandra den information som förknippas med respektive roll. Om spelet däremot inte lyckas integrera social samverkan eller om spelarna inte ser de givna målen som ett tillräckligt starkt incitament för att kommunicera, utan börjar tala om annat, kan kunskapsdelningen hämmas och spelarnas framsteg därmed hämmas.

Risken finns också att de mål som behöver uppnås för att spelet ska fortsätta till nästa nivå aldrig uppnås. Detta undviks genom att spelet kan ge spelarna automatiska tips för att stötta dem, något som beskrivs utförligare i avsnitt 4.6.

4.4 Spelets rolluppdelning

Vid spelets början delas spelarna automatiskt in i grupper om tre personer, där varje person blir tilldelad en av tre fördefinierade roller inom företaget. U ansvarar för underhållet av fabriken maskiner och relaterade frågor och beslut, och strävar efter att maximera produktionssystemets tillgänglighet samtidigt som den håller sig inom sin budget. P ansvarar för fabriken övergripande produktion, produktionsfrågor och direkt produktionsrelaterade beslut. P:s övergripande mål är att producera så många produkter som möjligt med sina begränsade resurser. E är slutgiltigt ansvarig för alla budgetar och investeringar inom företaget, och håller koll på företagets kostnader och intäkter, vilket ger E en mer aggregerad synvinkel på verksamheten än de andra rollerna. E strävar efter att optimalt fördela företagets begränsade kapital, gärna genom att minimera kostnadsposterna.

Alla spelare får grundläggande information om samtliga roller i början av spelet, men får endast bekanta sig mer djupgående med sin egen roll. Samtliga roller är direkt underställda, och får feedback ifrån, företagets VD, som är en förprogrammerad del av spelet.

4.4.1 Motivationen bakom rolluppdelning

Tanken bakom rollindelningen är i början av spelet att illustrera den splittrade syn som ofta tas mot underhåll inom företag. Individerna i de olika rollerna har i början av spelet mål som kan tyckas verkar gå emot varandra. Detta leder till viss konflikt då de olika rollerna måste tävla om de tillgängliga resurserna för att lyckas uppnå sina personliga mål. Spelarna tillåts som tidigare nämnt ännu inte kommunicera fritt, vilket ytterligare försvårar ett fungerande samarbete. När kommunikation under senare nivåer tillåts inser spelarna efter hand hur sammanvävda deras målsättningar egentligen är. Genom att diskutera och få en förståelse för de andra rollernas synsätt skapas en helhetsbild av hur de olika rollernas agerande och beslutsfattande tillsammans påverkar företagets prestation.

Att dela upp den information som spelet presenterar i tre delar innebär att varje enskild spelare initialt endast tar till sig en del av den totala lärdomen. Detta medför att varje spelare först får fokusera helt på att förstå de variabler och beslut som är viktiga för den egna rollen. Senare i spelet intar spelaren rollen som "ambassadör" för sin rolls frågor; spelaren argumenterar för sin sak utifrån kunskapen den inhämtat under spelets tidiga nivåer. På detta sätt blir det varje spelares uppgift och ansvar att se till att medspelarna uppnår samma förståelse som den själv. Om spelet inte hade implementerat detta rollsystem, utan låtit hela spelargruppen gemensamt ta del av samma information och ta samma beslut, hade mängden information som varit möjlig att presentera i spelet blivit mycket begränsad.

Att antalet roller i spelet begränsas till tre motiveras med två argument. För det första är det viktigt att kommunikationen och det sociala samspelet utgör en lagom del av spelets förlopp och utmaning. Om fler roller hade adderats till spelet hade detta gjort kommunikationen mer

komplicerad, vilket lätt hade kunnat flytta fokus allt för mycket ifrån de underhållsfrågor som spelet är menat att behandla. Detta hade dessutom lämnat mindre plats i diskussionen åt varje individ, vilket betyder att vissa spelare lätt kunnat känna sig marginaliserade och överflödiga. Tre roller anses därför optimalt för att erhålla ett bra social gameflow (avsnitt 4.4.3).

För det andra har samtliga av spelets roller en tydlig funktion inom företaget och en tydlig koppling till, men samtidigt en distinkt synvinkel på, företagets underhållsarbete. Samtliga roller anses få ett välavvägt ansvar under hela spelförloppet, då alla roller hela tiden har meningsfulla beslut att ta och relevant information att hantera och delge sina medspelare. Samtidigt hålls spelets kunskapsbredd på en önskvärd nivå och täcks naturligt in av de tre rollerna utan större överlappningar.

4.4.2 Roller och social gameflow

I och med spelets rolluppdelning får varje spelare en viss autonomi över sitt eget arbete, samtidigt som den får ett ansvar både för sitt eget och också sina medspelares lärande. Denna struktur är mycket gynnsam ur ett social gameflow-synsätt, av ett antal anledningar (avsnitt 2.3.4).

Den egna rollen möjliggör för varje spelare att ta enskilda beslut, oberoende av sina medspelare. Samtidigt har individens beslut en signifikant påverkan på gruppens gemensamma resultat och de andra spelarnas agerande. I de senare nivåerna tas beslut till viss del gemensamt genom diskussion, men spelaren behåller fortfarande den officiella auktoriteten att själv verkställa beslut som rör den egna rollen. I och med detta, och att en grupp bara består av tre personer, kan varje spelare alltid delta i diskussionen och påverka gruppens gemensamma strategi. Dessa faktorer skapar tillsammans en stark känsla av egenkontroll för den individuella spelaren; en viktig förutsättning för social gameflow.

I början av spelet skapas en illusion av att spelarnas mål strider mot varandra, men genom experimenterande och inbördes kommunikation uppenbarar det sig gradvis för spelarna hur sammankopplade de olika rollernas målsättningar egentligen är. Ingen av spelarna kan i spelets senare skeden uppnå målen för sin egen roll utan att den ser till att det också går bra för medspelarna; en nödvändig förutsättning för social gameflow. Det är också denna kommunikation som utgör en stor del av spelets utmaning. En spelares individuella beslut är genom hela spelet egentligen relativt okomplicerade, givet att de har tillgång till all nödvändig information. Det är istället genom samspelet med de andra rollerna och nödvändigheten i att hämta viktig information genom interaktion med medspelarna som en stor del av utmaningen i spelet skapas. Denna utmaning trappas gradvis upp när spelarna tillåts kommunicera fritt, samtidigt som målens svårighetsgrad och mängden information som krävs för att lösa dem kontinuerligt ökar.

Att interaktion med medspelarna blir en nödvändig del av problemlösningen är också viktigt för att hela tiden återfokusera individens koncentration på det givna problemet. Koncentrationen ska inte avgränsas endast till spelet, utan även innefatta diskussionen och reflektionen runt spelet som sker tillsammans med de andra spelarna, då detta är ett så viktigt

element i spelets pedagogiska upplägg. Till sist skapar också den sociala samverkan en känsla av intrinsisk belöning, speciellt då spelarna genom att försöka lösa spelets problem även märker att de bidrar till andras lärande och förståelse.

4.4.3 Möjlig problematik med rolluppdeleningen

Då spelet ska lära ut vikten av underhåll till samtliga spelare kan det kännas underligt för E och P att till en början inte konkret få behandla underhållsfrågor. Detta antas dock inte vara något större problem då det under spelets gång framkommer att besluten ska fattas gemensamt under de senare nivåerna. Det kan också vara problematiskt att E anses få för mycket mandat, då den är slutgiltigt ansvarig för att godkänna samtliga spelares budgetar och investeringar. Även här antas samarbetet under de senare nivåerna fungera väl för att återställa balansen mellan spelarna, samtidigt som problematiken är viktig att ha i beaktning under vidareutvecklingen av spelet.

4.5 Information och beslut

Som underlag för de beslut som ska fattas under spelets gång tillhandahålls spelarna viss information, beroende på sin roll och spelets aktuella nivå. Varje gång spelarna avancerar till en ny nivå adderas sedan information till spelarnas beslutsunderlag. Tanken bakom att successivt introducera ny information är dels att inte någon gång överväldiga spelarna, och dels att informationen på varje nivå tydligt kopplas till de beslut som behöver fattas för att nå målet med nivån. Att en spelare får tillgång till annan information än sina medspelare är motiverat då varje roll är kopplad till specifika beslut, och då att göra för rollen irrelevant information tillgänglig riskerar att skapa förvirring och göra beslutsfattandet allt för invecklat och tidskrävande. Dessutom främjar uppdelningen av information samarbete och informationsdelning mellan spelarna under spelets två sista nivåer, vilket funnits vara ett positivt inslag i utbildningsspel (Raphael & Bachen, 2011).

Utöver den information som automatiskt görs tillgänglig när spelarna påbörjar en ny nivå finns det möjlighet för spelarna att köpa ytterligare, mer detaljerad information. Innefattade i detta utökade beslutsunderlag är dels rapporter gällande maskiners eller systemets status vid en given tidpunkt, och dels mer långsiktiga investeringar i bevakning som kontinuerligt ger spelaren information om den aktuella statusen. Möjligheten att köpa information efterliknar en verklig situation inom den producerande industrin, där företag ofta kan lägga resurser på exempelvis undersökningar och analyser för att skapa ett bättre beslutsunderlag för verksamheten (avsnitt 2.1.4). Precis som i verkligheten måste anskaffandet av den här typen av information naturligtvis ske inom en given budget och baseras på ett avvägande mellan kostnad och förväntad tillförd nytta. Detta för att det inte ska vara ett korrekt beslut att utan baktanke spendera sitt företags pengar på onödiga rapporter.

Bsluten som kan tas delas upp vertikalt i diskreta och kontinuerliga beslut (Tabell 4.3), där diskreta beslut kan liknas vid investeringar, då de utgör en engångskostnad. Kontinuerliga beslut hanterar istället fördelningen av resurser, som exempelvis mängd förebyggande underhåll, och behöver fattas varje runda. Inom de diskreta besluten innefattas även

möjligheten att köpa information. Besluten delas även upp horisontellt i de som endast påverkar enskilda maskiner och de som gäller hela systemet.

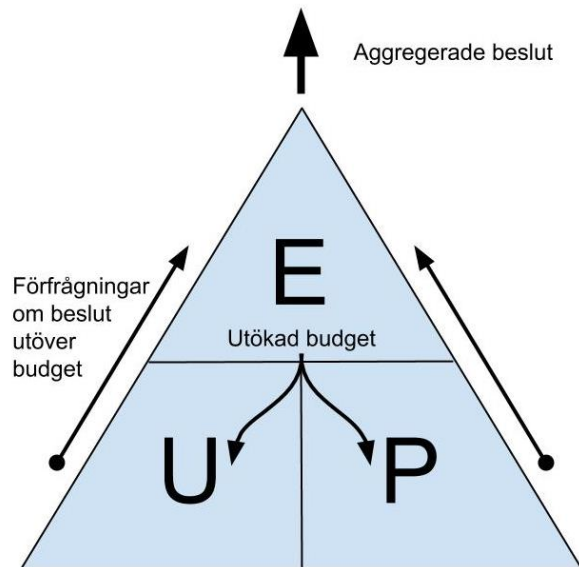
	Generella	Per maskin
Kontinuerliga	Fördelning av resurser på kostnadsposter.	Inbördes resurser inom maskinparken.
Diskreta	Uppgraderingar och åtgärder som påverkar hela systemet, eller information om systemet.	Uppgraderingar och åtgärder som påverkar en enskild enhet inom systemet, eller information om denna.

Tabell 4.3: Kategorisering av de möjliga besluten

Eftersom effekterna av beslut rörande underhåll ofta ger utslag på lång sikt får inte alla beslut en direkt påverkan på lönsamheten och företagets resultat, utan denna sker ibland först efter ett antal spelrundor. Det är viktigt att en spelare ges möjlighet att på sikt förstå även dessa samband, för att kunna analysera resultaten och därifrån dra välgrundade slutsatser.

De beslut som tas av spelarna är i en majoritet av fallen förknippade med någon sorts kostnad eller investering. En spelare kan endast ta beslut så att den totala kostnaden för besluten inte överstiger spelarens budget för den aktuella rundan. Under spelets tidiga nivåer betyder detta att det är omöjligt för U och P att genomföra större diskreta förändringar utan att för detta ändamål fördela väldigt lite resurser till de kontinuerliga beslutsposterna. Istället är det meningen att U och P måste be E om en utökning av sin budget, antingen tillfälligt, för att kunna genomföra en större investering, eller i senare spelskeden permanent. På detta sätt får E rollen som aggregerad beslutsfattare, då E ställs inför val där en investeringsförfrågan behöver nekas för att en annan ska kunna beviljas (Figur 4.1). E:s budget är inte heller den obegränsad, och E har dessutom egna, oberoende förändringsmöjligheter att investera i.

I senare rundor, efter att spelarna tillåtits att kommunicera med varandra, övergår dessa förfrågningar gradvis till en djupare diskussion. Alla spelare är då medvetna om samtliga genomförbara förändringar för verksamheten, och kan därmed jämföra och diskutera dessas effekter tillsammans. E:s budget kan vid det här laget ses som spelarnas gemensamma beslutsbudget, då samtliga beslut vägs mot varandra oberoende av vilken roll de utförs inom.



Figur 4.1: En illustration av rollernas positioner i beslutshierarkin

4.5.1 Information och beslut på varje nivå

Hur informationen och besluten skiljer sig mellan nivåerna och rollerna kan ses överskådligt i Tabell 4.4 och Tabell 4.5. På spelets första nivå har U tillgång till information om hela systemets tillgänglighet samt mängden avhjälpande underhåll. U:s uppgift på denna nivå är att fatta beslut kring mängden förebyggande underhåll som ska utföras, inom en given budget. P har information om produktionsmängden, alltså systemets output, och fattar beslut kring produktionstakten. E får information kring företagets intäkter och kostnader, där kostnaderna delats upp i poster för produktion, underhåll och overhead. Under underhålls-posten redovisas de direkta underhållskostnaderna, och under produktions-posten de indirekta underhållskostnaderna, liksom Hagberg & Henrikssons (2011) beskrivning. Det motiverar vikten av en helhetssyn mellan de två enheterna. E har som uppgift att inom företagets totala budget allokera resurser till underhåll och produktion. Under denna inledande fas av spelet utgår möjligheten att köpa ytterligare information i syfte att inte göra spelet allt för komplicerat innan spelarna hunnit vänja sig vid dess andra element.

Nivå	Information		
	Underhållsansvarig	Produktionsansvarig	Ekonomiansvarig
1.	Hela systemets tillgänglighet och mängd avhjälpande underhåll	Hela systemets produktionsmängd	Intäkter och kostnader för produktion, underhåll och overhead
2.	Tillgänglighet och avhjälpande underhåll per maskin	Beläggningsgrad per maskin vilket medför kritikalitet samt OEE-värde per maskin	LCC per maskin, produktionsbortfall och mer detaljerade kostnader för produktion, underhåll och overhead
3.	Spelarna får genom tillåten kommunikation tillgång till varandras information		
4.	Arbetsmiljö för anställda samt säkerhet vid akuta stopp och förebyggande underhåll	Balanseringsförluster, råvaruförbrukning, svinn och energiförbrukning för produktionen	De faktiska kostnaderna för hållbarhetsvariablerna, overhead fördelas i externa kostnader och energiförbrukning

Tabell 4.4: Tillgänglig information för varje roll på de olika nivåerna

När spelarna fortsätter till spelets andra nivå får de tillgång till mer detaljerad information. I U:s fall innebär detta att informationen om tillgänglighet och avhjälpande underhåll delas upp i separata poster för varje maskin i systemet. U får då också besluta hur mycket förebyggande underhåll som ska sättas in för varje enskild maskin. Nytt för nivån är dessutom att U inom sin budget kan välja att investera i reservdelshållning och utbildningar för sin personal, åtgärder som kan sänka de löpande kostnaderna för underhållet (Alsyouf, 2004; Hagberg & Henriksson, 2011). P får på nivå två utöver systemets totala output information om beläggningsgraden för varje maskin, samt om maskinernas kritikalitet. Baserat på detta kan P investera i nya maskiner eller utbildningar för sin personal. Utbildningar möjliggör också införandet av operatörsunderhåll, vilket leder till en säkrare produktion (Hagberg & Henriksson, 2011). E får på andra nivån mer detaljerad information om företagets intäkter och kostnader, i form av LCC per maskin och det förtydligas hur de direkta och indirekta underhållskostnaderna fördelas mellan de två posterna underhåll och produktion. Detta möjliggör för spelarna att tillsammans angripa de indirekta kostnaderna, vilka oftast utgör större delen av kostnadsposterna (Hagberg & Henriksson, 2011). Nytt för den andra nivån är dessutom möjligheten för spelarna att köpa ytterligare information att basera sina beslut på.

Nivå	Beslut		
	Underhållsansvarig	Produktionsansvarig	Ekonomiansvarig
1.	Mängd förebyggande underhåll	Produktionstakt för tillverkningen	Påverka underhållets och produktionens budget
2.	Förebyggande underhåll per maskin, utbildningar och reservdelar	Investeringar i maskiner, utbildningar och operatörsunderhåll	Investeringar och aggregerade beslut
3.	Beslut fattas gemensamt då kommunikationen blir vital		
4.	Förbättringar av arbetsmiljön för att minimera skador och sjukskrivningar	Optimering av produktionens resurser för att minimera onödiga utgifter och belastningar på miljön	Prioritera mellan föreslagna åtgärder för att fatta beslut som är både socialt, ekologiskt och ekonomiskt hållbara

Tabell 4.5: De nya beslut som rollerna kan fatta på varje nivå

På den tredje nivån underlättas koordinationen mellan de olika rollernas uppgifter av det faktum att kommunikation spelarna emellan nu tillåts, vilket ger spelarna goda förutsättningar för att ytterligare förbättra företagets resultat. Kommunikationen ses som ett såpass kraftfullt verktyg att introduktionen av ny information betydligt saktas ned för nivån. Beslutsunderlaget ökar dock ändå för den enskilda spelaren då information erhålls via kommunikation med de två medspelarna.

Spelets fjärde och sista nivå avser att ge spelarna ett helhetsperspektiv på underhållets roll i företaget, och den information de tillhandahålls samt de beslut de ska fatta definieras med detta som bakgrund. I ett helhetsperspektiv inkluderas de tre dimensionerna av hållbarhet (avsnitt 2.1.7) som under denna nivå fördelas till de tre rollerna. U hanterar den sociala hållbarhetsaspekten, och får nu utöver information som rör maskinerna i systemet även information om den allmänna arbetsmiljön samt om personalsäkerheten vid underhållsinsatser (Liyanage, 2007). Metoderna med vilka U kan åtgärda dessa problem är justeringar av procedurer för underhåll samt investeringar som förbättrar arbetsmiljön. P får ansvaret för den ekologiska hållbarhetsaspekten och med denna information om balanseringsförluster i produktionsflödet och den energiförbrukning som förknippas med dessa (Johansson, 2014), samt information kring råvaruförbrukningen och produktionens svinn (Seliger, 2007). För att hantera dessa problem kan P ta beslut för att optimera produktionens resursanvändning. E tilldelas naturligt ansvaret för den ekonomiska hållbarhetsaspekten och får med det möjlighet att kvantifiera samtliga hållbarhetsproblem och värdera deras respektive lösningsförslag. Detta för att spelarna gemensamt ska kunna jämföra och prioritera mellan verksamhetens alla förbättringsåtgärder.

4.5.2 Möjlig problematik med informationsflödet och beslutsfattandet

Det finns en risk att informations- och beslutsstrukturen i spelet är för komplicerad för spelaren och att dennes flow-upplevelse (avsnitt 2.3.3) därmed hämmas. Om spelaren inte förstår funktionen för att köpa mer information kan det innebära att essentiellt beslutsunderlag saknas och att spelaren därmed missar vitala delar av spelet. Denna risk kan dock mitigeras med tydliga instruktioner och tips, som även, vid behov, kan upprepas för att säkerställa förståelse.

I de senare nivåerna kan det ske att spelarna av någon anledning inte vill dela med sig av information eller diskutera gemensamma beslut, vilket kan göra det svårt för spelarna att uppnå det målet för nivån, då kommunikation och samarbete är en central del i denna process. För att spelarna ska kunna slutföra spelet måste det därför finnas tydliga incitament för dem att samarbeta. Om kopplingen mellan informationen och de beslut denna påverkar är otydligt finns det också en risk att spelaren inte lyckas hjälpa gruppen att nå sitt mål. Genom att spelet ger väl avvägd respons på spelarens ageranden kan denne dock ledas i rätt riktning, och hjälpas att göra rätt kopplingar mellan information och beslut (avsnitt 4.6).

Eftersom spelet innefattar tre spelare finns det en risk att två av dessa uppnår ett mer naturligt samarbete med varandra än med den tredje. Det är till viss grad möjligt för två spelare att uppnå bra resultat genom att helt koordinera sina beslut, utan att nödvändigtvis inkludera den tredje spelaren i diskussionen. Det är därför centralt för spelet att till så hög grad som möjligt begränsa möjligheterna för två spelare att avancera i spelet utan den tredje, genom att se till att alla spelares beslut är nödvändiga för måluppfyllelse, och genom att med tips och strategiskt utplacerad information uppmuntra samarbete mellan samtliga spelare (avsnitt 2.3.4). Denna problematik kan även uppstå i de fall där någon eller ett par av spelarna på grund av motivationsbrist eller andra anledningar inte kan ta korrekta beslut. Spelets feedbacksystem (avsnitt 4.6) ger efter hand den underpresterande spelaren tips och hjälp på vägen, men även detta kan i vissa fall tänkas inte vara tillräckligt. Oavsett feedbacken så kan det bli frustrerande för de andra spelarna att konstant behöva invänta sin medspelare. Detta problem är ännu större under de första nivåerna, där möjligheten att kommunicera med och hjälpa sin medspelare på vägen är begränsad. Av bland annat denna anledning har de två första nivåerna relativt enkla mål, och avklaras snabbt i jämförelse med senare nivåer. I och med beslutens påverkan på medspelarna motiveras också den oengagerade spelaren till att anstränga sig för att inte ta dåliga beslut.

Vissa beslut inom underhåll får på grund av sin natur inte effekt förrän i senare spelrundor. Det finns därmed en risk att spelarna inte kan dra korrekta slutsatser om korrelationen mellan dessa beslut och deras effekter. Om fördelningen av information och beslut är ojämn mellan spelarna finns det dessutom en risk att vissa spelare blir uttråkade och andra överväldigade. Genom en noggrann vidareutvecklingsfas (avsnitt 4.10) kan fördelningen justeras så att båda dessa problem förhindras.

4.6 Spelets respons

För att spelet ska engagera spelarna och skapa lärande är det viktigt att ta hänsyn till spelarnas flow (avsnitt 2.3.3). För att engagera spelaren på bästa sätt ska utmaningen varken vara för stor eller för liten. Detta hanteras i spelet genom responsverktyg så som feedback, falsk feedback och event, som kan justera utmaningen och därmed öka sannolikheten att spelaren hamnar i ett stadie av flow. Kontinuerlig, riktad och direkt respons är dessutom i sig självt en viktig komponent för att skapa flow (Chen, 2007). En stor del av denna respons ges till spelarna via spelets mailsystem, vilket är en funktion i spelet där spelarna får fördefinierade "mail" ifrån till exempel arbetarna på golvet, företagets VD eller utomstående parter. Mailen kan innehålla olika sorts information relaterad till verksamheten, spelarnas agerande eller olika händelser. Mailsystemet tillåter under nivå två också spelarna att välja några av ett antal fördefinierade mail att skicka till sina medspelare. Dessa mail kan innehålla uppmaningar, förfrågningar eller information som spelaren tror kan vara till användning för de andra rollerna.

4.6.1 Feedback

Under spelets gång får spelarna feedback, både individuellt och gemensamt, genom mailsystemet. Individuell feedback är viktigt för att spelaren ska känna ansvar för sin egna prestation och få hjälp att utvecklas vidare, samtidigt som gemensam feedback är av vikt för att förmedla vikten av samarbete för att uppnå målet samt insikten om att varje spelares beslut påverkar medspelarna (Raphael & Bachen, 2011). Båda sorters feedback, tillsammans med möjligheten för spelaren att få feedback från sina medspelare, är viktiga för att skapa en känsla av social gameflow (avsnitt 2.3.4).

Mailsystemets huvudsyfte är att leverera feedback som styr deltagarna i rätt riktning. Feedbacken som ges av mailfunktionen kan innehålla beröm, klagomål, teoretiska samband, rena tips eller information om event (Figur 4.2). Feedback kan exempelvis utlösas då en spelare kontinuerligt fattar beslut som hämmar företagets lönsamhet, och det därmed är tydligt att spelaren inte uppnått tillräcklig inlärning. Om spelarna spelar ett högt antal rundor på samma nivå utan att göra tillräckliga framsteg kan hjälpsamma tips utlösas, för att undvika att spelarna fastnar eller blir frustrerade och att deras stadie av flow därmed bryts (Chen, 2007). Vid behov kan även givna instruktioner upprepas för att säkerställa att inte spelaren missuppfattat dessa, vilket är en komponent som implementerats från spelet Immune attack (Bilaga E). Samtidigt får spelarna också feedback om de presterar speciellt bra, för att förstärka känslan av framsteg och cementera de nya insikterna (Raphael & Bachen, 2011). Den kommunikation spelarna får tillgång till via fördefinierade mail under andra spelnivån är ytterligare ett sätt för den individuella spelaren att få feedback, i detta fall från sina medspelare.



Figur 4.2: Exempel på ett meddelande som beskriver att ett oljeläckage inträffat på grund av spelarnas beslut. Mailet ämnar att styra spelarna i rätt riktning

Spelarna får utöver detta även ta del av visuell feedback från spelets produktionsvy (avsnitt 4.7). Detta kan till exempel innebära att maskiner ryker vid haveri, att personalen visar sitt missnöje över dålig arbetsmiljö eller att det bildas skräphögar bredvid en maskin om produktionen där har mycket slöserier och kassationer. Detta för att öka spelkänslan och engagemanget för spelarna på ett intuitivt sätt.

Efter varje avklarad nivå erhåller spelarna gemensam feedback i form av företagets resultat under perioden. Denna kan jämföras med föregående periods resultat, vilket visar för spelarna hur bra de lyckats utveckla företaget med sina åtgärder. Spelarna får under denna period också utrymme att tillsammans diskutera sina upplevelser från den spelade nivån. Löpande under spelet delges spelarna också hur långt de kommit i den aktuella nivån, genom en mätare som visar hur nära de är att nå det gemensamma målet. Denna mätare fungerar alltså som spelets poängräkning, som är ett viktigt inslag för att behålla spelarnas fokus (Kapp et al., 2014).

4.6.2 Falsk feedback

I spelet finns även funktioner för vilseledande *falsk feedback*. Detta är inte tänkt att användas som traditionell feedback, utan snarare för att belysa vanliga missuppfattningar, samtidigt som utmaningen i spelet ökas. Om den enskilda spelaren utför suboptimala åtgärder som förbättrar det individuella resultatet men hämmar spelarnas gemensamma resultat kan spelaren ändå få beröm för detta. Spelaren antar då först att den är inne på rätt spår, men märker snart hur det gemensamma resultatet sjunker till följd av besluten. Därmed skapas lärdomar kring vikten av ett helhetsperspektiv inom en organisation. Ett exempel på falsk feedback är att P får beröm då den ökar produktionstakten kraftigt, då detta på kort sikt betyder att fler produkter produceras, men att detta senare visar sig ha varit ett suboptimalt beslut då det gett negativa effekter på överutnyttjade maskiner och arbetare. Fler exempel på falsk feedback ges i Bilaga F. All denna information hanteras av spelets mailsystem.

4.6.3 Event

Event är ytterligare en komponent i spelet som både används för att betona lärdomar, men även för att styra svårighetsgraden och därmed optimera spelarnas upplevelse av flow (avsnitt 2.3.3). Event är diskreta händelser som antingen kan härledas till tidigare underhållsbeslut eller ger en effekt på det framtida underhållet. Dessa kan i vissa fall ske vid fördefinierade tidpunkter, men utlöses huvudsakligen dynamiskt av systemet, baserat på spelarnas agerande. Spelets event kan delas upp i två typer, som båda kommuniceras via mailsystemet. Fler exempel på event än de som nämns här återfinns i Bilaga F.

Den första typen av event används för att rikta spelarnas uppmärksamhet mot en specifik fråga eller förbättringsmöjlighet, genom att illustrera konsekvenserna av ett existerande problem eller en utförd åtgärd. Detta kommer då att hjälpa spelaren att aktivera sin tidigare kunskap, en viktig del inom problembaserat lärande (avsnitt 2.3.6). För att uppmärksamma konsekvenserna av bristande arbetsmiljö kan ett event exempelvis utlösas där fabriksarbetarna går på strejk i en vecka i protest, vilket då påverkar lönsamheten, och därmed spelarnas måluppfyllelse, negativt. För att å andra sidan belöna spelarna för att ha minskat produktionens miljöpåverkan kan ett event utlösas där företagets produkter blir miljömärkta, vilket istället ökar intäkterna. Både negativa och positiva event påverkar spelarnas känsla av flow, då de skapar tydliga utmaningar för spelarna, samtidigt som de ger feedback på konsekvenserna av spelarnas beslut på ett mer direkt, kraftfullt sätt än stadigt ökande siffror i en tabell.

Den andra typen av event utlöses för att dynamiskt justera utmaningen i spelet. Om spelarna går för fort framåt genom spelet begränsar detta både deras förståelse och motivation, då en för låg utmaning tråkar ut spelarna och bryter deras flow-stadie. Om utmaningen istället blir för hög och spelarna känner att de blir överväldigade eller förlorar kontrollen över situationen kan detta också bryta flow-stadiet (Chen, 2007). För att se till att spelets utmaning alltid ligger på en bra nivå, och därmed förhindra dessa scenarion, kan event utlösas som antingen ökar utmaningen eller ger spelarna en hjälpsam knuff. Ett exempel på ett utmaningshöjande event är att en ny produkt lanseras, vilket helt ändrar om kritikaliteten hos maskinerna och tvingar spelarna att tänka om kring sin resursfördelning. Ett hjälpsamt event kan till exempel vara introduktionen av en ny leverantör som levererar råvaror med högre kvalitet, vilket minskar effekterna av bristande underhåll tills spelarna hunnit ikapp med spelets lärandemål.

4.6.4 Möjlig problematik med spelets respons

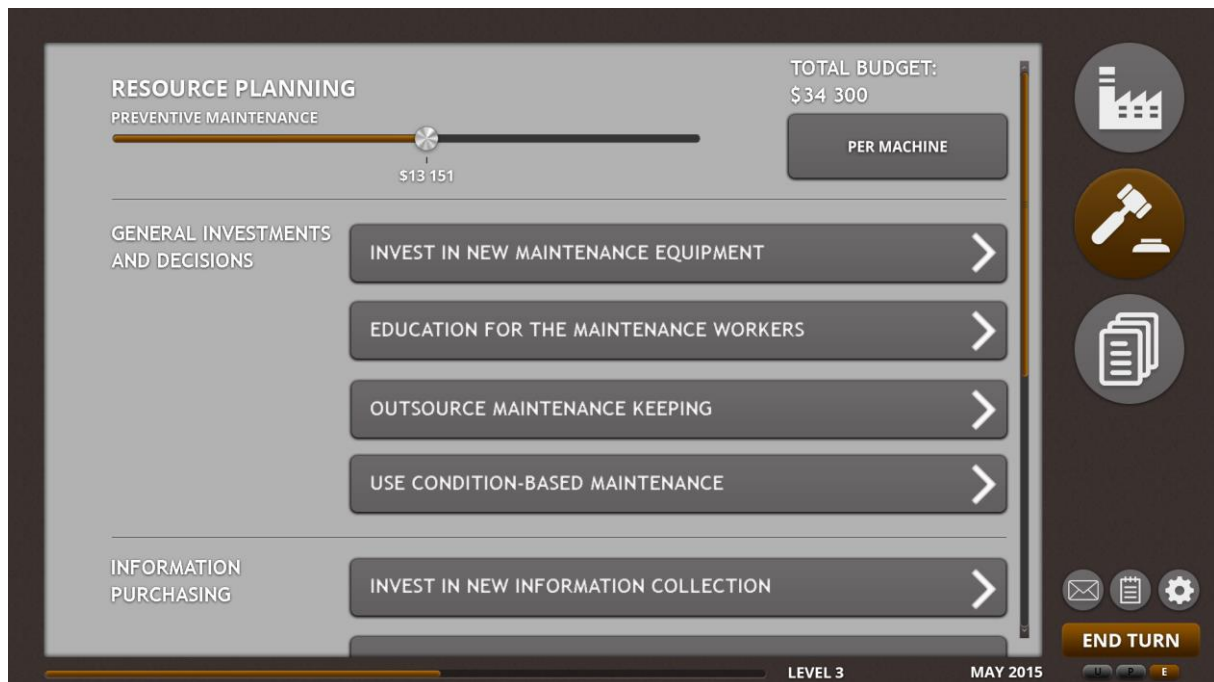
I de fall då spelet utfärdar tips för att styra spelaren i rätt riktning finns en risk att spelaren följer tipsen utan att reflektera vidare över dem, och då inte tar till sig kunskapen som spelet försöker förmedla. Detta är något som är svårt att förhindra och det krävs att en människa vill lära sig för att kunna tillgodose sig kunskapen (Illeris, 2013). Eftersom spelet främst ämnar användas inom högskolan antas dock de studenter som ska medverka vara intresserade av kunskapen som förmedlas och ha en vilja att lära sig det som spelet önskar förmedla.

Den spelare som medvetet vill testa spelets gränser för att se vad som händer om de gör fel riskerar att få för mycket hjälp. Detta är något som hämmar lärandeprocessen men som troligtvis kan undvikas när spelarna väl börjar samarbeta med varandra och fattar gemensamma beslut.

Om det till en början går väldigt bra för en grupp på en viss nivå utlöser spelet som tidigare nämnt ett event för att ge spelarna mer utmaning. I de fall där framgångarna främst beror på att spelarna haft tur, och slumpmässigt har gjort rätt val utan att egentligen ha uppnått tillräcklig förståelse, kan spelarna få problem att själva klara sig ur den försvårade situationen. Behöver de då få tips av spelet för att klara sig vidare kan hela systemet uppfattas som kontraproduktivt. Det är därför viktigt att spelet implementerar dessa försvårande och hjälpsamma insatser varsamt, vilket kan säkerställas i en noggrann vidareutvecklingsprocess.

4.7 Användargränssnitt och visualiseringar

Ett väl designat spelgränssnitt är centralt för att möjliggöra flow i spelet då detta påverkar många av de faktorer som är viktiga för att skapa ett stadie av flow hos spelaren, såsom tillgängligheten på information, tydligheten i målen, klarheten i feedbacken och spelarnas känsla av kontroll (avsnitt 2.3.3). Som en del av konceptgenereringen har därför ett första förslag framställts på hur spelets grafiska gränssnitt kan komma att se ut (Figur 4.3). Fler visualiseringar av detta gränssnitt återfinns i Bilaga G.



Figur 4.3: Beslutsvyn i det framtagna gränssnittet

Gränssnittet är uppdelat i ett centralt fönster och en kringliggande ram. I ramen finns knappar för att skifta innehållet i det centrala fönstret till en av tre huvudsakliga vyer; produktionsvyn, beslutsvyn och informationsvyn. Utöver detta finns knappar för att öppna mailhistoriken, historik över tidigare beslut, information och event, samt allmänna inställningar för spelet. I knappfältet finns också en knapp där spelaren kan signalera att den anser sig färdig med den

nuvarande spelrundan, tillsammans med tre lampor som signalerar vilka av spelarna som tryckt på denna knapp. När samtliga spelare tryckt på knappen går spelet vidare till nästa runda. Under det centrala spelfönstret finns också den tidigare nämnda framstegsmätaren, som uppdateras efter varje spelrunda.

Produktionsvyn visar en enkel bild av flödet i fabriken, med de ingående maskinerna samt ett antal arbetare. I denna vy förmedlas all den rent visuella feedbacken till spelaren. I senare rundor ska varje maskin vara klickbar, och vid ett klick visa generell information om maskinen samt knappar till fönster där beslut kring maskinen kan tas.

Beslutsvyn visar samtliga av de beslut som spelaren kan ta under den aktuella rundan. Dessa delas som tidigare nämnt upp i kontinuerliga och diskreta beslut, där de kontinuerliga besluten tas via ett skjutbart reglage. Där detta är aktuellt finns också knappar att finnas för att ta spelaren till en separat vy där dessa variabler kan justeras individuellt för varje maskin. De diskreta besluten delas upp i ett antal kategorier, där ett klick på ett maskinspecifikt beslut tar spelaren till en vy där den få välja vilken av maskinerna åtgärden ska utföras på.

Informationsvyn innehåller samtlig information som spelaren har tillgänglig. För att inte överväldiga spelarna i de senare nivåerna behöver informationen delas upp i ett antal kategorier, där varje kategori kan expanderas för att visa mer detaljerad information.

4.8 Benchmarking-studiens påverkan på spelet

Från den benchmarking-studie som gjorts har lärdomar dragits, vilka har anpassats för att kunna nyttjas i det egna konceptet. För att inte kopiera något av spelen har detta gjorts varsamt och med eftertanke. En utförligare beskrivning och utvärdering av respektive spel finns i Bilaga E.

Från de två datorspelen i studien har främst lärdomar kring hur information effektivt ska förmedlas till en spelare via ett användargränssnitt dragits. Från *Ekonomispelet* har dessutom hämtats idén om ett system i spelet som belönar en spelare som länge spelat bra. Lärdomen från *Immune attack* var vikten av att upprepa instruktionerna när en spelare gör upprepade fel och misslyckas. Detta för att säkerställa att det inte är att spelaren missuppfattat instruktionerna som ligger till grund för besvären.

Underhållssimulering, vilket är det enda av de studerade spelen som behandlade underhåll, har bidragit med flest idéer till konceptgenereringen, dels för att det behandlar samma område och dels för att det var det spel som hade störst kunskapsbredd. Den största likheten finns i hur deltagarna kan köpa ytterligare information för att erhålla ett bättre beslutsunderlag och därmed minimera risken att fatta felaktiga beslut, vilka annars hade medfört onödiga kostnader för företaget.

Även de andra brädspelen som undersöktes, *Lean-spelet* och *Ölspelet*, använde sig av speciella metoder för att förmedla kunskap som gruppen kunde dra lärdom av. Ölspelet var konstruerat så att det till en början går dåligt för spelarna, och förbjuder också

kommunikation, vilket nyttjas i det framtagna spelets första två nivåer. Lean-spelet illustrerade istället värdet av att låta spelarna diskutera fritt mellan de olika spelomgångarna, vilket har efterliknats i det framtagna konceptet genom en diskussion efter varje avklarad nivå. Att denna diskussion är vara viktig för att säkerställa en gemensam förståelse styrks även av teorin kring problembaserat lärande (avsnitt 2.3.6).

4.9 Verifiering av konceptet

Då projektet framtagit ett spelkoncept, och inte ett komplett spel, finns ingen möjlighet att provspela spelet för att undersöka om projektets syfte uppfylls. Det blir då ett naturligt steg i processen att istället verifiera konceptets ingående element mot den framtagna frågemodellen för konceptgenereringen (avsnitt 3.4), samt teorin rörande spelimplementering (avsnitt 2.3) och lärande (avsnitt 2.2), för att undersöka till vilken utsträckning spelkonceptet uppfyller dessas krav och rekommendationer.

4.9.1 Verifiering mot frågemodellen

För att verifiera designen av det framtagna spelkonceptet har huvudsakligen den tidigare presenterade, eget framtagna frågemodellen använts (avsnitt 3.4; Bilaga A). Denna modell anses innefatta all vital behandlad teori inom spelintegreringsområdet. Att vid en kontroll finna att svar på samtliga frågor återfinns i beskrivningen av spelkonceptet innebär därför att all central teori tagits i beaktning, och att ett komplett, väl fungerande spelkoncept har uppnåtts.

Frågemodellen har kontinuerligt använts som diskussionsunderlag i framtagningen av spelkonceptet, och som kontrollverktyg vid beskrivningen av konceptet. Samtliga frågor anses ha besvarats i kapitel 4.

4.9.2 Verifiering mot inlärningsteorin

Spelkonceptet som tagits fram modellerar ett spel som avser att lära spelarna något, men eftersom projektet avgränsats från att realisera spelet blir en provspelning för att bekräfta att lärande faktiskt uppnås omöjlig. Det blir då istället väsentligt att göra en återkoppling till den tidigare presenterade teoretiska grunden kring inlärning. Förhoppningen är att genom detta kunna identifiera faktorer som försvårar lärandet, och med utgångspunkt i detta göra förändringar i spelkonceptet som mitigerar denna problematik.

Det är bland annat centralt att kontrollera att de tre lärandehinder som presenterats i avsnitt 2.2.3, det vill säga fellärande, försvar mot lärande samt motstånd mot lärande, undviks i största möjliga mån (Illeris, 2013). Misslyckas detta, och inslag av dessa hinder tillåts utrymme i det färdiga spelet, riskerar spelet att inte uppfylla sitt syfte, och i värsta fall bli direkt kontraproduktivt. Viktigt att poängtera är att även om åtgärder för att motverka lärandehindren vidtagits under spelets utvecklingsfas krävs det ändå alltid att spelarna vill lära sig för att lärande ska kunna uppnås (Illeris, 2013).

För att garantera att spelets lärandemål är relevanta, har en omfattande litteraturstudie och kontakt med inom ämnet kvalificerade personer legat till grund för konceptgenereringen. Detta har medfört att spelkonceptet kunnat utformas för att ha realistiska samband mellan

variabler och beslut. Fellärande kan dock även bero på att den som lär sig inte besitter tillräckliga förkunskaper och därmed saknar förutsättningar för att lärande ska kunna uppnås. För att minska denna risk ställer spelet krav på att spelarna besitter grundläggande kunskaper inom underhåll, produktion och ekonomi.

Det är också av vikt att beakta risken för försvar mot lärande hos spelarna. Om delar av den information som är tänkt att förmedlas genom spelet aldrig når fram till spelarna, utan filtreras bort av psykologiska försvarsmekanismer, äventyras givetvis spelarnas lärande. Denna risk mitigeras i spelet med hjälp av successiv introduktion av information och ökning av spelets omfattning, i syfte att inte överväldiga spelarna med för många intryck på en gång. I vidareutvecklingen av konceptet krävs därför noggrann provspelning, för att säkerställa att denna upptrappning sker i en lämplig takt i det realiserade spelet.

Spelet förväntas spelas av personer som i någon mån vill eller behöver lära sig det som spelet förmedlar, och därmed bör effekten av motstånd mot lärande vara negligerbar. Underhåll ses som ett så pass okontroversiellt och vetenskapligt välgrundat ämne att motsättning mot lärandet från spelarnas sida blir obefogat.

Eftersom spelarna är aktivt engagerade under spelets gång har det dessutom varit relevant att undersöka hur spelet relaterar till modellen över upplevelsebaserat lärande. Med tanke på spelets rundbaserade natur torde det i hög grad spegla de fyra cykliska steg som enligt Osland et al. (2001) krävs för att effektivt lärande ska kunna uppnås. Varje runda ger spelarna en ny konkret upplevelse då spelets utfall förändras beroende på besluten spelarna fattat den föregående rundan. Spelarna får sedan tid för observation och reflektion och att via abstrakt konceptualisering bilda sin strategi inför pågående runda. Detta görs individuellt under spelets två första nivåer, och genom diskussion med medspelarna under de två resterande nivåerna. Avslutningsvis fattar spelarna sina beslut för rundan, vilket motsvarar aktivt experimenterande i lärocykeln. Baserat på detta förändras spelets utfall inför nästkommande runda och därmed sluts cirkeln med en ny konkret upplevelse.

4.9.3 Verifiering mot de fyra spelartyperna

För att lyckas skapa ett väl fungerande socialt pedagogiskt spel måste hänsyn tas till samtliga fyra av de tidigare beskrivna spelartyperna inom sociala spel (avsnitt 2.3.4). Varje typ innebär unika möjligheter och utmaningar, vilka samtliga har tagits i beaktning vid designen av det presenterade spelkonceptet.

Bemästraren kan uppskatta spelets kontinuerliga feedback och tydliga mål, som motiverar denne till att göra sitt yttersta för att hitta rätt beslut, öka företagets lönsamhet och se framstegsmätaren stadigt fyllas. Den kan också engageras av spelets event, som ger den nya, tillfälliga mål att jobba mot på vägen mot det övergripande nivåmålet. Bemästraren kan ibland förbise lärandet för att enbart jaga poäng, men detta motverkas av den djupa analys och den diskussion med medspelarna som krävs för måluppfyllelse. Bemästraren kan i vissa fall bli frustrerad tidigt i spelet, då de andra spelarnas felaktiga beslut kan förhindra måluppfyllelse,

oavsett om bemästraren tar rätt beslut eller ej. Det är därför extra viktigt att för bemästraren tydliggöra vikten av kommunikation och informationsdelning för att lyckas i spelet.

Utforskaren kan fångas in av de många möjligheterna spelet erbjuder att hitta ny information, utforska samband och utlösa positiva event. Om en utforskare hade spelat ensam hade risken funnits att denna medvetet gjort dåliga beslut för att testa spelets respons, men detta anses motverkas av förpliktelsen denna har gentemot de andra spelarna att föra spelet vidare. Risken att tre individer med starka utforskarpersonligheter hamnar i samma spelomgång, och att dessa förpliktelser därför ej får effekt, anses försumbar. Dessutom är det enda sättet att avancera i spelet och få tillgång till mer information och upplevelser att spela korrekt, vilket motiverar utforskaren till inläring. Det faktum att lärdomarna presenteras i en intressant, verklighetsanknyten kontext där de ger tydliga resultat kan förhoppningsvis också att göra utforskaren intresserad även av själva inläringen.

För socialiseraren kommer spelet igång på riktigt efter att första nivån är avklarad och den får börja kommunicera med sina medspelare. Den kommer troligen att vara den första spelaren som börjar använda mailfunktionen flitigt för att dela med sig av sin information. När nivå tre börjar antas socialiseraren direkt att dra igång diskussioner, vilket är positivt för inläringen, men det blir också nödvändigt att hålla kvar diskussionens fokus på spelet. Då spelets rundor är tidsbegränsade tvingas spelgruppen att använda sin tid väl om de vill ta sig framåt i spelet, vilket begränsar möjligheten till överflödigt kommunikation. Då mycket av lärandeprocessen dessutom sker i kommunikationen med medspelarna kan även socialiseraren antas uppnå en bra förståelse i slutet av spelet.

Till slut kan individer med vinnarpersonlighet i spelets första nivåer huvudsakligen att försöka uppfylla sin rolls individuella mål. Det kan dock snabbt bli uppenbart även för vinnaren att det är omöjligt att "vinna" spelet ensam, utan att framgång endast kan uppnås gemensamt. Här antas vinnaren istället fokusera sin tävlingsinstinkt på att få hela gruppen att prestera så bra som möjligt, för att lyckas slå de andra spelargrupperna inom samma speltillfälle. Vinnaren kan därmed bli en positiv kraft i gruppen som hjälper medspelarna till framsteg och lärande.

4.9.4 Verifiering mot ramverket problembaserat lärande

Spelet kan vid en första anblick tyckas bryta mot riktlinjerna i ramverket för spelimplementering med hjälp av problembaserat lärande (kap 2.3.6), då det inte utnyttjar någon spelledande lärare som kan guida och facilitera spelarnas lärande. Vid en djupare inblick märks dock att samtliga av de fem viktiga funktioner som fylls av läraren i PBL-ramverket istället i detta spel finns integrerade i spelets egna mekaniker och struktur.

Det problem som ligger till grund för spelet är medvetet tydligt relaterat till en verklig situation som återfinns inom många producerande verksamheter. Eftersom spelarna redan förväntas besitta viss kunskap inom de behandlade områdena kan kopplingen till spelarnas tidigare kunskap ske naturligt under spelets gång. Spelet kan därmed fokusera på att visa på

effekterna av, och sambanden mellan, olika delar inom underhåll, istället för att redogöra för varje dels individuella bakgrund och betydelse.

Aktiveringen av tidigare kunskap sker också relativt naturligt i och med spelets noggrant kontrollerade förlopp och informationstillflöde. Om aktiveringen inte sker direkt tillför spelet kontinuerligt fler och tydligare tips, tills dess att spelaren gör kopplingen. När spelaren väl har aktiverat sin tidigare kunskap kan spelets feedback styrka kopplingen, och diskussion med andra spelare låter individen demonstrera och dela med sig av sin kunskap på ett önskvärt sätt.

Utforskningen är central för hela spelets förlopp. Varje runda under spelet blir en iteration av utforskningsprocessen där spelaren får fundera över vilka beslut de vill ta och vilka effekter de tror att dessa kan få. När spelaren väl tar beslutet får den snabbt feedback tillbaka om effekterna, och kan därmed uppdatera sina hypoteser och fördjupa sin förståelse. När spelaren identifierat ytterligare data den behöver för att lösa sina problem kan den direkt få tag i denna genom spelets möjlighet till att köpa information, eller från sina medspelare. Spelets feedbacksystem, som bidrar med uppmuntran och tips, leder spelaren i rätt riktning och stöttar den när den tar felsteg. Samtidigt kan spelaren genom diskussioner att tvingas fundera över de behandlade koncepten på en högre nivå för att identifiera de viktiga sambanden.

Efter båda de första nivåerna, och efter varje runda i de senare nivåerna, får spelarna möjlighet att gemensamt reflektera över spelets förlopp och utfall. Samtliga reflektionstillfällen sker i grupp för att spelarna så effektivt som möjligt tillsammans ska ta till sig de behandlade lärdomarna. Att spela utan att reflektera är inte en möjlighet, då spelets flöde och samarbetskrav kräver att reflektion sker för att spelarna ska göra framsteg och ta sig vidare. Den storgruppsdiskussion som genomförs efter det att samtliga grupper slutfört spelet är också ett viktigt reflektionstillfälle.

Faciliteringen är den del av PBL som är svårast att implementera utan en lärare, då den innefattar ett stort antal olika uppgifter som dessutom är mycket situationsberoende. Ändå kan spelet fylla de flesta av dessa funktioner väl. Spelet kan hjälpa spelarnas progression genom spelet med tips och feedback, samtidigt som dynamiska event kan uppmärksamma viktiga koncept och problemområden vid lämpliga tidpunkter. Informationsfördelningen gör det nödvändigt att inkludera samtliga spelare i gruppdiskussionerna, och efter varje spelnivå uppmuntras spelarna att själva sammanfatta sina lärdomar.

Självklart kan aldrig ett lärlöst spel bli perfekt ur ett PBL-perspektiv. Ett stort antal speltester måste utföras för att identifiera de nivåer av informationsflöden, utmaningar, tips och event som på bästa sätt faciliterar spelarnas lärande. Det är möjligt att ett datorspel, oberoende av hur noggrant det testas, aldrig kan bli lika dynamiskt reaktivt på spelarnas upplevelse som en väl förberedd spelledare kan vara. PBL betonar till exempel vikten i att, utöver fördefinierade aktiveringsmöjligheter, hela tiden vara uppmärksam på dynamiskt uppkommande aktiveringstillfällen, något ett spel kan ha svårt att lyckas med. Samtidigt möjliggör exklusionen av en lärare dock en mycket enklare användning av spelet inom mängd

olika kontexter, då behovet av att utbilda och tillhandahålla ett stort antal spelledare försvinner.

4.10 Vidareutveckling

För att möjliggöra en vidareutveckling och realisering av det presenterade spelkonceptet ges förslag på hur detta kan genomföras. Den metod som föreslås för utvecklingen är den iterativa spelutvecklingsmetoden som presenterats i avsnitt 2.3.8, och med detta presenteras tankar kring hur denna metod bör användas för att utveckla och optimera spelets alla ingående delar.

4.10.1 Vidareutveckling med iterativ spelutveckling

På vägen till ett komplett spel har endast ett första steg tagits; konceptgenereringen. Nästa steg på vägen är att utveckla en spelbar prototyp, vilken sedan iterativt ska designas och utvecklas till ett spel.

Utvecklingen av en prototyp kan göras på många sätt, vilka inte alla behöver inkludera framställningen av ett fullständigt datorspel. En första prototyp kan till exempel vara ett spelbräde där spelflödet visualiseras med hjälp av *post it*-lappar, och beräkningar utförs för hand eller i ett enklare datorprogram. På så sätt kan enskilda kopplingar och mekaniker i konceptet testas och utvärderas (Salen & Zimmerman, 2004).

Ett förslag för en sådan första *post it*-prototyp kan vara att endast realisera den första och tredje spelnivån, där i den tredje nivån endast implementeras en liten del av de variabler och beslut som är tänkta ska ingå i det slutgiltiga spelet. Dessa två nivåer torde gå att realisera utan större programmeringsinsatser, då besluten och beräkningarna i den första nivån är relativt enkla och det mailsystem för kommunikation som är tänkt att användas i den andra nivån kan undvikas. Samtidigt kan dessa två nivåer ändå tänkas ligga till grund för en bra första utvärdering av de mer övergripande idéerna i spelkonceptet, såsom de stegvis ökande kommunikationsmöjligheterna, informations- och beslutsmekanikerna samt ansvarsuppdelningen mellan rollerna.

Den fortsatta utvecklingen av prototypen bör sedan göras med den iterativa utvecklingsprocessen, där varje ny version av prototypen provspelas för att testa hur de nyligen införda komponenterna fungerar tillsammans med de befintliga. Majoriteten av testningen bör utföras av samma erfarna testgrupp, men vid vissa tillfällen är det också viktigt att låta helt nya spelare testa prototypen (Salen & Zimmerman, 2004). Provspelningen bör ha ett stort fokus på hur spelarnas flow-upplevelse (avsnitt 2.3.3) och lärdomar från spelet påverkats vid förändringen av komponenter.

4.10.2 Viktiga testvariabler

Under den iterativa utvecklingsprocessen bör ett stort antal variabler inom spelkonceptet testas och utvärderas, för att processen till slut ska kunna leda fram till ett väl fungerande spel. Här listas vissa av dessa testvariabler som anses vara centrala, samt vilka slutliga resultat som testningen borde eftersträva. Först behövs det dock konkretiseras vilka specifika beslut, information, gränser och mål varje nivå ska innehålla. Förslag på konkreta beslut, event och information listas i Bilaga F.

Testningen måste undersöka hur svårt det är för spelarna att klara av varje nivå i spelet. Att optimera gränserna mellan nivåerna är viktigt för att se till att spelarnas motivation upprätthålls. Det är också vitalt att testa innehållet i, och omfattningen av, de olika nivåerna för att kunna uppnå en jämn spelupplevelse, inlärningstakt och utmaningsnivå genom hela spelet. Det är möjligt att i utvecklingsprocessen, efter ha utvärderat de föreslagna nivåerna, ta bort eller lägga till nivåer om detta anses kunna ge en positiv effekt. Viktigt att ha i åtanke är dock att samtliga nivåer ska vara distinkta, med en central idé och unika lärandemål, samt innebära jämna, motiverande framsteg för spelarna.

Hur många och vilka beslut som ska vara tillgängliga att genomföra under respektive nivå påverkar spelets svårighetsgrad. Vilken information som spelarna har tillgänglig när och till vilket pris kommer samtidigt att ha en kraftig påverkan på hur svårt det blir att ta bra beslut. Båda dessa variabler påverkar svårighetsgraden på, och tidsåtgången för, spelet, samtidigt som de har en stor effekt på spelets kunskapsbredd. För mycket information eller för många beslutsalternativ kommer att överväldiga och förvirra spelarna, samtidigt som ett underskott i någon av faktorerna kommer att göra spelet för enkelt och ointressant. En överdriven mängd irrelevant information eller för många felaktiga beslut kan vilseleda och frustrera spelarna, vilket hämmar inläringen. Samtidigt kan inte all information leda direkt till rätt slutsats, och alla beslut kan inte ha lika stora positiva effekter, då detta undergräver spelets utmaning. Dessa två faktorer måste därför testas och analyseras tillsammans, för att hitta en bra balans mellan utmaning, kunskapsbredd och simplicitet.

Vidare måste de olika rollernas ansvarsområden och maktbalans testas för att säkerställa att ingen roll blir över- eller underbelastad under någon längre tid, samt att alla spelare hela tiden känner sig relevanta och inflytelserika. Här föreslås att de tre rollerna bevaras då dessa anses välmotiverade samt ligga som grund för att uppnå den önskade kunskapsdelningen. Om balansen anses snedvriden bör istället denna justeras med hjälp av att justera beslut och information för vardera roll.

En av de känsligaste aspekterna i spelet, vilken därmed kommer att kräva utförlig testning, är den respons spelarna får på sina beslut i form av tips och event. Det är centralt för spelets pedagogik att tipsen leder spelarna till framgångar och förståelse utan att trivialisera utmaningen eller analysprocessen. Det som måste testas är både hur snabbt spelarna får tips och hur tydliga tipsen är. Samtidigt måste den falska feedbacken testas då att denna inte helt underminerar spelarnas tilltro till spelets feedback på lång sikt. Vidare måste spelets event testas, speciellt den typ som är tänkt att försvåra situationen för spelarna om de presterar oväntat bra. Det är här viktigt att spelarna upplever en välkommen ökad utmaning snarare än att de blir bestraffade för sina framgångar. Samtidigt måste de event som syftar till att uppmärksamma viktiga lärdomar testas för att säkerställa att dessa skapar tillräckligt engagemang hos spelarna.

Även att undersöka användarvänligheten hos det grafiska gränssnittet bör vara en del i den iterativa utvecklingen, då ett rörigt, otydligt och icke användarvänligt gränssnitt kan ta energi

och fokus ifrån det budskap spelet vill förmedla, samtidigt som det kan störa spelarnas upplevelse av flow (avsnitt 4.7). Det är därpå viktigt att kontinuerligt addera information och funktioner till gränssnittet i rätt takt för att inte vid någon tidpunkt överväldiga spelarna.

5. DISKUSSION OCH SLUTSATS

I kapitlet presenteras en trovärdighetsanalys av det slutgiltiga resultatet samt en kritisk granskning av projektets teoretiska grund och arbetsprocess. Därefter redogörs för de större beslut som gruppen ställts inför under projektets gång, och de förbättringsmöjligheter för tillvägagångssättet som identifierats.

5.1 Trovärdighetsanalys

Först i avsnittet presenteras spelkonceptet verifierat mot de problem som identifierats i projektets bakgrund. Därefter diskuteras trovärdigheten i svaren på de frågeställningar som behandlats under arbetet, och möjliga felkällor i resultaten framhävs. En analys av benchmarking-studien följer därefter för att avslutas med en diskussion kring de avgränsningar som funnits inom projektet.

5.1.1 Spelets bidrag till underhållsutvecklingen

Ett av de problem som ligger till bakgrund för projektet är den gammalmodiga syn som funnits inom underhåll, vilken har inneburit en uppfattning om att underhåll är ett nödvändigt ont och att dess kostnadsposter i största mån bör minimeras (Ashayeri et al., 1996). Under de senaste årtiondena har denna syn har frångåtts allt mer, till förmån för ett fokus på de positiva effekter som kan nås genom att effektivt organisera sitt underhållsarbete (Alsayouf, 2004), en förändring som är viktig att belysa. Den äldre synen kan kopplas till LCC, vilket introduceras i spelet under nivå två, där spelarna kan ta beslut om investeringar i maskiner efter de kostnader som enheten kommer innebära för företaget. Den moderna synen på underhåll kopplas till LCP och hållbarhet, vilka introduceras under nivå fyra. Detta upplägg syftar till att ge spelaren ett hållbart perspektiv och klargöra kopplingen mellan en enhets kostnader och dess tillförda nytta. Eftersom en stor del av spelets målgrupp i framtiden kommer att vara verksamma inom industrin är det av stor vikt att de introduceras för de båda synsätten. Detta då äldre, ineffektiva synsätt på underhåll med stor sannolikhet lever kvar inom industrin, och att en tillförsel av ny kunskap kan möjliggöra en mer effektiv och hållbar verksamhet.

Alsayouf (2007) betonar främst hur synen på underhåll skiljer sig mellan olika delar av ett företag, en poäng spelet belyser genom att rollerna fördelas på olika poster. För att lyckas med underhåll krävs en tydlig strategi som bland annat grundas på de krav och mål som ställs på underhållet, vilka kan härledas ur produktionsstrategin (Muchiri et al., 2011). Denna samverkan mellan krav och mål, vilka härleds ur företagsledningens övergripande mål, kan liknas vid hur rollerna i spelet är beroende av varandra. Underhåll och produktion måste samarbeta för att kunna uppnå sina mål och befästa sina beslut hos ekonomiavdelningen. Samarbetet mellan underhåll och produktion belyses även då direkta och indirekta kostnader redovisas separat, där de indirekta kostnaderna tillskrivs produktion och de direkta underhåll. Behovet av samarbete tydliggör vikten av kommunikation, då spelarna under spelets gång går från att inte vara medvetna om varandras beslut, till att tillsammans planera sina insatser för att uppnå de gemensamma målen.

Ett företags lönsamhet kan i stor utsträckning påverkas av underhåll (Alsayouf, 2007), och denna koppling tydliggörs i spelet då de förändringar som görs inom underhåll direkt påverkar

spelets ekonomiska resultatvariabler. I spelet ses underhållet därmed som en investering, något som Alsyouf (2004) betonar kan ge flertalet positiva effekter på ett företag, istället för en ren kostnadspost för ekonomi och företagsledning.

5.1.2 Svaret på “Vem”

Valet att begränsa målgruppen till högskolestuderande studenter har många positiva fördelar (avsnitt 4.1) men kan också begränsa nyttan av den slutgiltiga produkten. En alternativ målgrupp som diskuterades i projektets inledning var verksamma representanter från företag inom den diskret producerande industrin. Det finns vissa fördelar med att förmedla kunskapen direkt till industrianställda, bland annat då detta möjliggör en kommersialisering av produkten. Vidare kan lärdomarna snabbare införlivas och komma till användning jämfört med om målgruppen varit studenter, då dessa ofta är många år från att uppnå den position och auktoritet som krävs för att genomföra förändringar på den verksamhetsnivå som spelet behandlar. När studenten väl når rätt position är det möjligt att kunskapen blivit bortglömd, förvrängd eller föråldrad. Det är vidare möjligt att den praktiska erfarenhet som industrianställda har erhållit genom sitt arbete kan möjliggöra ett mer effektivt och betydelsefullt lärande. Dock ansågs fördelarna med studenter som målgrupp överstiga vinsterna från att använda någon alternativ målgrupp.

5.1.3 Svaret på “Vad”

Det ursprungliga tillvägagångssättet för att bestämma vad spelet skulle inkludera var att ha en workshop med representanter från avdelningen Produktionssystem vid Institutionen för produkt- och produktionsutveckling på Chalmers tekniska högskola. Något som tydliggjordes under denna workshop var att spelet för att vara värdefullt inte endast kunde behandla den viktigaste teoretiska kunskapen, utan att det istället behövde belysa ett helhetsperspektiv på området. Frågeställningen kunde alltså inte besvaras enbart med hjälp av det ursprungliga tillvägagångssättet, vilket gjorde det svårare att säkerställa att all väsentlig kunskap förmedlades till spelaren. Workshopen klargjorde dessutom hur de olika delarna inom underhåll samverkar, vilket gav upphov till en tydligare helhetsbild av underhåll.

Att ingen representant från näringslivet inkluderats i studien medför en risk för att missa viktiga synsätt på underhåll som idag används praktiskt inom industrin. Däremot antas det finnas god kunskap bland de representanter som deltog varför denna risk mitigerats.

Delar av konceptets teoretiska grund baseras endast på ett fåtal skribenters verk, vilket riskerar att det helhetsperspektiv som eftersträvats begränsats. Detta i sin tur leder till att teorins oberoende perspektiv kan vara färgat av enskilda skribenters synvinklar. En bredare litteratursökning hade av denna anledning varit att föredra, och hade möjliggjorts genom ett effektivare och mer välplanerat arbetssätt.

5.1.4 Svaret på “Hur”

Då forskningen kring spelifiering och spelimplementering är relativt ny, utspridd och svår att sammanfatta finns ännu inte några vedertagna modeller eller metoder inom området, och dess begrepp och teorier definieras och används på olika sätt av olika forskare. Urvalet av den teori som behandlats och använts inom arbetet har därför skett relativt godtyckligt. Det är av denna

anledning möjligt att teorin kring ämnet som använts i detta arbete ej är optimal, och att en mer passande teoretisk grund hade möjliggjort ett bättre resultat av projektet.

Denna problematik förstärks ytterligare av bristen på verifiering av tredje part inom spelifieringsområdet. Under arbetets gång har flera forskare och praktiker inom området kontaktats, men ingen av dessa har haft möjlighet att se över de använda metoderna eller det framtagna konceptet. Därför baseras hela denna del av projektet endast på de tolkningar som gjorts av studerad litteratur.

Det spelkoncept som tagits fram i projektet har inte vid något tillfälle testats i praktiken. Detta strider mot teorin inom spelutveckling, som betonar kontinuerlig testning även av grundläggande koncept. För att åtgärda detta blir nästa naturliga steg i spelutvecklingsprocessen en snabb prototypisering och initial testning av konceptet.

5.1.5 Trovärdigheten i benchmarking-studien

De benchmarking-objekt som valts har till stor del styrts av tillgången till pedagogiska spel på Chalmers tekniska högskola. Detta då projektets finansiella medel har varit begränsade och provspelning av externa spel inte ansågs tillföra tillräcklig nytta för att motivera den höga kostnaden för dessa. Det är därför möjligt att projektet inte dragit lärdomar av de bäst lämpade benchmarking-objekten som marknaden har att erbjuda.

Det ses dock som en styrka att gruppen fick observera spelandet av ett av marknadens mest uppmärksammade utbildningsspel inom underhåll. Då Underhållssimulering är det enda av de studerade spelen som enbart belyser underhåll är det dock möjligt att detta spels upplägg fått en omotiverat stor påverkan på det framtagna konceptets innehåll och utformning. Denna problematik förstärks av att observationen av detta spel skedde mycket tidigt under projektet, och därför satte standarden för det resterande arbetet, samt att spelets grundare, Hagberg & Henriksson, även skrivit flertalet böcker som har bidragit till projektets teoretiska grund. Det framtagna spelkonceptet differentierar sig dock ifrån Underhållssimulering då fokus har flyttats från att utföra beräkningar, vilket upptog en stor del av spelarnas tid i Underhållssimulering, till att analysera givna resultat. Rollfördelningen i Underhållssimulering överensstämmer visserligen med de föreslagna rollerna i det framtagna spelkonceptet, men i det framtagna konceptet har en specifik roll viss information och fattar individuella beslut medan rollfördelningen i Underhållssimulering inte hade någon direkt effekt på spelarnas uppgifter. Dessutom har hållbarhetsperspektivet inkluderats som en betydande del i konceptet, vilket medför en kunskapsbredd som överstiger den i Underhållssimulering. Övriga benchmarking-objekt skiljer sig fundamentalt från det framtagna konceptet, och endast mindre designelement har inhämtats ifrån dessa, varför en analys rörande likheter anses överflödig.

5.1.6 Avgränsningarnas påverkan på projektet

De avgränsningar som gruppen hade för projektet var att spelet skulle behandla den diskret producerande industrin, riktas mot en avgränsad målgrupp samt innefatta för målgruppen relevant teori inom underhåll. Dessa avgränsningar har projektet kunnat hålla sig inom och de har även hjälpt gruppen att begränsa projektet till en hanterbar omfattning. Gruppen har trots

dessa avgränsningar vid framtagningen av spelet även tagit i beaktning hur en vidareutveckling av spelet skulle kunna ske för att inkludera en djupare teoretisk grund och därmed fungera för en bredare målgrupp.

Genom att endast behandla den diskret producerande industrin kunde en enhetlig syn på underhåll och dess effekter erhållas. Denna avgränsning kan dock samtidigt ha inneburit att viktiga synvinklar på underhåll förbisetts. Anledningen till att den diskret producerande industrin valdes var att denna anses lätt att relatera till, då den är utbredd i samhället. Avgränsningen gjorde även att konceptgenereringen, ur en utvecklingssynpunkt, och det färdiga spelet, ur ett användarperspektiv, blev hanterbara.

Genom att avgränsa målgruppen till studenter som besitter grundläggande kunskap inom underhåll kommer även spelets teoretiska djup att begränsas, då spelet annars riskerar att bli för avancerat för vissa spelare. Istället har bredden på vad spelet berör vidgats till att inkludera aspekter inom produktion, hållbarhet och ekonomi, vilket förmedlar den helhetsbild på underhåll som ofta saknas inom industrin. De experter inom underhåll som rådfrågats under projektet lär som del av sitt yrke ut fördelarna med underhåll till studenter och därmed har gruppen kunnat säkerställa att relevant teori inkluderats vid framtagningen av spelkonceptet. Provspelningar bör användas för att säkerställa att spelet lyckas förmedla utvald teori till målgruppen.

5.2 Vägskäl

De vägskäl som gruppen ställts inför, de val som gjorts vid dessa vägskäl samt de följder valen haft för projektets vidare förlopp och slutliga resultat behandlas i detta delkapitel.

Under processen har det ursprungliga syftet ändrats för att det ursprungliga syftet med projektet smalnats av, för att på så sätt kunna skapa större nytta med slutprodukten. Projektets ursprungliga syfte var att utveckla ett pedagogiskt spel som förmedlar vikten av underhåll för producerande företag samt underlättar inlärningsprocessen och förståelsen av detta för en relevant målgrupp. Det stod dock klart tidigt i processen att det fanns ett större värde i att ta fram ett koncept som behandlar en bred kunskapsbas och tydligt förmedlar denna inom en kontext som efterliknar den komplexa verklighet som dagens företag ofta möter. Utökningen av spelets omfattning innebar en längre utvecklingsprocess. Syftet justerades därför till att endast innefatta framtagningen av ett initialt koncept för ett betydligt mer omfattande spel.

Ett av de beslut som togs tidigt i konceptgenereringen var att spelet borde realiseras som ett datorspel, snarare än ett bräd- eller kortspel. Detta då det snabbt framkom att de beräkningar som behövdes i spelet skulle bli så pass komplexa att någon sorts avancerat beräkningsverktyg krävdes. Alternativet var att låta spelarna själva utföra beräkningarna, men det ansågs tillföra mer för spelarna att få fokusera på att analysera ett givet resultat än att gå på djupet i de underliggande beräkningarna.

Samtidigt togs också beslutet att spelkonceptet skulle realiseras till ett socialt spel för flera spelare. Det sociala samspelet och ansvaret gentemot medspelarna uppfattades under

benchmarking-studien som några av de viktigaste aspekterna för att göra spelarnas uppgifter meningsfulla. Alternativet, att låta spelarna spela enskilt, ansågs därför kraftigt hämmande för spelarnas engagemang och inlevelse. Att integrera flera spelare möjliggjorde dessutom den rolluppdelning som spelet nyttjar för att uppnå en tillräcklig kunskapsbredd utan att bli allt för långt och komplicerat. Till sist ansågs också den sociala aspekten ha positiva effekter på spelarnas aktivering, utforskning och reflektion (avsnitt 2.3.6).

Ett större antal tänkbara roller, främst en hållbarhetsansvarig och en VD, övervägdes i konceptgenereringens inledning. Rollen som hållbarhetsansvarig uteslöts då det ansågs att hållbarhetsfrågor först kan hanteras efter det att mer grundläggande problematik har behandlats. Därför introduceras aspekten istället för de andra rollerna i ett senare skede i spelet. Rollen som VD valdes bort då denna ansågs ge en spelare för mycket mandat och därmed eliminera viktiga incitament för samarbete och reflektion deltagarna emellan. Den möjlighet till ett aggregerat synsätt som var tanken bakom rollen, realiserades istället genom den ekonomiansvarige. Resterande funktioner i rollen integrerades som en del av spelets feedback-system för att skapa gemensamt fokus och utmaning för spelarna.

5.3 Förbättringsmöjligheter

Den sekventiella ordning i vilken projektet sökt besvara de grundläggande frågeställningarna anses ha begränsat projektets slutprodukt. Stor vikt lades på att avsluta den bakomliggande litteraturstudien, och besvara projektets andra frågeställning, innan konceptgenereringen kunde starta. Då mycket av den sammanställda teorin visade sig vara överflödigt eller behöva revideras för att underbygga det slutgiltiga konceptets kunskapsbas, blev en konsekvens av denna viktning att litteraturstudien upptog för mycket tid i förhållande till konceptgenereringen. Denna obalans i tidsanvändning anses ha gett negativa effekter på projektets resultat, då det bedöms att konceptgenereringen borde ha påbörjats tidigare. Samtidigt hade litteraturstudien kunnat effektiviseras, dels genom att startas tidigare och dels genom att planeras bättre och mer långsiktigt, för att förhindra inaktivitet i samband med inväntan av kommande workshops och deadlines.

I slutskedet av projektet ansågs den benchmarking-studie som gjorts varit för omfattande i relation till den nytta denna tillfört projektet. Det som till slut bidrog till utvecklingen av konceptet kunde övervägande härledas till kortare diskussioner och reflektioner efter varje benchmarking-tillfälle, där styrkor och svagheter hos varje benchmarking-objekt fastställdes. Inför en liknande studie föreslås därför fortfarande att en benchmarking-studie genomförs, men att dokumentation och analys kopplad till denna ges mindre utrymme.

Ytterligare något som borde ha skett i ett tidigare skede är en konkret visualisering av spelets tilltänkta användargränssnitt. Denna skedde väldigt sent i konceptgenereringsstadiet, men gav upphov till en stor mängd nya synpunkter och idéer kring spelets struktur och upplägg, samtidigt som det gav gruppen en mer enhetlig bild av det framtagna konceptet. Detta resulterade i onödigt extraarbete då flera av dessa synpunkter och revideringar behövde infogas i redan färdigskrivna text.

För att göra arbetet mer överblickbart för hela gruppen borde en innehållsförteckning med den tänka strukturen på slutrapporten gjorts i ett tidigare skede. Detta både för att göra den ofärdiga rapporten mer överblickbar, men också för att skapa en gemensam struktur för skrivarbetet. Det hade också underlättat och optimerat arbetet om alla gruppmedlemmar hade haft en gemensam att-göra-lista med prioriteringar också i de inledande faserna.

6. Slutsats

Projektets syfte har varit

att ta fram ett initialt spelkoncept för ett pedagogiskt spel som till en relevant målgrupp förmedlar vikten av ett bra underhåll för producerande företag samt skapar en förståelse för underhållets möjligheter. Detta koncept ska sedan kunna vidareutvecklas och realiseras efter projektets slut.

Resultatet av projektet är ett första spelkoncept för ett sådant spel. Spelkonceptet är upplagt kring tre distinkta roller, och spelarna arbetar under fyra nivåer i varsin roll för att tillsammans successivt erhålla en helhetssyn på underhåll inom producerande företag. Spelkonceptet är utvecklat för att kunna realiseras till ett datorspel. För att säkerställa ett korrekt, ändamålsenligt innehåll och en väl fungerande lärandeprocess är konceptet framtaget och verifierat med en utförlig teoretisk bakgrund inom underhåll, inlärningsteori och spelbaserad pedagogik. Då en strukturerad och tydlig vidarelämning av lärdomarna från denna process är vital för syftet, återfinns också ytterligare instruktioner och råd för att möjliggöra en vidareutveckling och realisering av konceptet.

Projektet har utgått från tre frågeställningar. Den första frågeställningen är, sammanfattat, ”*Vem* är spelet till för?” och svaret på den är högskolestudenter som uppfyller givna förkunskapskrav. Andra frågeställningen är, sammanfattat, ”*Vad* ska spelet lära ut?” och svaret på den är en helhetssyn på underhåll för producerande verksamheter. Den sista frågeställningen är, sammanfattat, ”*Hur* ska detta uppnås?” och svaret på den är det framtagna spelkonceptet.

Om konceptet vidareutvecklas bör det utföras i en iterativ utvecklingsprocess, vilken ska utgå från spelarnas lärande och spelupplevelse. När konceptet vidareutvecklats och realiserats skulle det utgöra ett bra komplement till de undervisningsmetoder som idag nyttjas för att förmedla kunskap om underhåll till högskolestudenter. Kunskapen väntas därefter spridas inom näringslivet genom att de utexaminerade studenterna väljer att använda de lärdomar de tagit med sig. När kunskap om underhållets betydelse sprids kommer produktion ske på ett mer effektivt och hållbart sätt.

REFERENSER

- Adams, W. M. (2006) *The Future of Sustainability: Re-thinking Environment and Development in the Twenty-first Century*. I *Report of the IUCN Renowned Thinkers Meeting*; 29–31 januari, Zürich, Schweiz.
- Andersen, B. & Pettersen, P. (1997) *Benchmarking: en praktisk handbok*. Lund: Studentlitteratur.
- Anderson, R. T. & Neri, L. (1990) *Reliability-centered maintenance: management and engineering methods*. London: Elsevier applied science.
- Alsyouf, I. (2004) *Cost Effective Maintenance for Competitive Advantages*. Växjö: Växjö universitet. Diss., Växjö universitet.
- Alsyouf, I. (2007) The role of maintenance in improving companies' productivity and profitability. *International Journal of Production Economics*, vol. 105, nr 1, ss. 70-78.
- Alsyouf, I. (2009) Maintenance practices in Swedish industries: survey results. *International Journal of Production Economics*, vol. 121, nr 1, ss. 212-223.
- Ashayeri, J., Teelen A. & Selenj W. (1996) A production and maintenance planning model for the process industry. *International Journal of Production Research*, vol. 34, nr 12, ss. 3311-3326.
- Barata, G. et al. (2013) Improving Participation and Learning with Gamification. I *Gamification '13 Proceedings of the First International Conference on Gameful Design, Research, and Applications*; 2 - 4 oktober, Stratford, ON, Kanada, ss. 10-17.
- Bartle, R. (1996) *HEARTS, CLUBS, DIAMONDS, SPADES: PLAYERS WHO SUIT MUDS*. 12 april 1996. <http://mud.co.uk/richard/hcde.htm> (12 april 2015).
- Bartle, R. (2003) *Designing Virtual Worlds*. New Riders Games.
- Bevilacqua, M. & Braglia, M. (2000) The analytic hierarchy process applied to maintenance strategy selection, *Reliability Engineering & System Safety*, vol. 70, nr 1, ss. 71-83.
- Bodnar, C & Clark, R. (2014) Exploring the Impact Game-Based Learning Has on Classroom Environment and Student Engagement within an Engineering Product Design Class, I *TEEM '14 2nd International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*, 1-3 oktober 2014, Salamanca, Spanien, ss. 1-711.
- Britsman, C., Lönnqvist, Å. och Ottoson O.S. (1993) *Handbok i FMEA Failure Mode and Effect Analysis*. Uppsala: Industrilitteratur.

- Camp, R. (1993a) *Lär av de bästa! Benchmarking i tio steg*. Lund: Studentlitteratur.
- Camp, R. (1993b) A bible for benchmarking, by Xerox. *Financial Executive*, vol. 9, nr 4, s. 23.
- Camp, R. (1998) Best Practice benchmarking: the Path to excellence. *CMA Magazine*, vol. 72, nr 6, s. 10.
- Chen, J. (2007) *Flow in Games (and Everything Else)*. COMMUNICATIONS OF THE ACM, vol. 50, nr 4, ss. 31-34. <http://www.jenovachen.com/flowingames/p31-chen.pdf>. (6 februari 2015).
- Chen, W. Cyrus, B & Farrokh, M. (1994) Compromise: An effective approach for condition-based maintenance management of gas turbines. *Engineering Optimization*, vol. 22, nr 3, ss. 185-201.
- Compton, W.C. (2005) *An Introduction to Positive Psychology*. Wadsworth Publishing.
- Crane, A. (2011) A Gamification Framework for Interaction Designers. *UX Magazine*. <http://uxmag.com/articles/a-gamification-framework-for-interaction-designers>. (29 januari 2014)
- Daley, D.T. (2008) *Little black book of maintenance excellence*. New York: Industrial Press.
- Dar-El, E. M. (2000) *HUMAN LEARNING: From Learning Curves to Learning Organizations*. Boston, MA, USA: Springer.
- de Sousa Borges, S. et al. (2014) A systematic mapping on gamification applied to education, *I SAC '14 Proceedings of the 29th Annual ACM Symposium on Applied Computing*; 24-28 mars, Gyeongju, Korea, ss. 216-222.
- Deterding, S. et al. (2011) From Game Design Elements to Gamefulness: Defining “Gamification”. I *MindTrek '11 Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments*; 28-30 september, Tampere, Finland, ss. 9-15.
- EFNMS: European Federation of National Maintenance Societies (2015). What does EFNMS stand for?. *EFNMS*. <http://www.efnms.org/What-EFNMS-stands-for/m1312/What-EFNMS-stands-for.html>. (23 mars 2015)
- Evans, J. & Lindsay, M. (2011) *The Management and Control of Quality*. South-Western, Cengage Learning.

FAS: Federation of American Scientists (2006) *Summit on Educational Games - Harnessing the Power of Video Games for Learning*; 25 oktober 2005, Washington, D.C., USA.

Federal Information Processing Standards Publications, (1993) *Announcing the standard for Integration Definition for A Functional Modelling (IDEF0)*. National Institute of Standards and Technology. <http://www.idef.com/pdf/idef0.pdf> (17 mars 2015)

Felicia, P. (2011) *Handbook of Research on Improving Learning and Motivation through Educational Games: Multidisciplinary Approach*.

GMTV: *Green Marketing TV* (2010) *Gaming for Good: The Gameification of Social Change* <http://www.greenmarketing.tv/2010/12/31/gaming-for-good-the-gameification-of-social-change/> (9 april 2015).

Graham, N., Richards, C. & Thompson, C. (2014) Beyond Designing for Motivation: The Importance of Context in Gamification. I *CHI PLAY '14 Proceedings of the first ACM SIGCHI annual symposium on Computer-human interaction in play*; 19-22 oktober, 2014, Toronto, ON, Kanada, ss. 217-226.

Grundén, K., Mårdén, B., Theliander, J. & Thång, P.O. (2004) *Arbetsintegrerat lärande*. Lund: Studentlitteratur,

Hagberg, L. & Henriksson, T. (1995) *Lönsamt Underhåll - 8 steg till säkrad produktion*. Lund: Underhåll och driftsäkerhet.

Hagberg, L. & Henriksson, T. (2011) *Underhåll i världsklass*, Lund: OEE Consultants AB.

Hamari, J., & Koivisto, J. (2014). Flow in Gamification. *Gamification Research Network*. <http://gamification-research.org/2014/08/flow/>. (9 april 2015).

Huang, H. S. et al. (2003) Manufacturing productivity improvement using effectiveness metrics and simulation analysis. *International Journal of Production Research*, vol. 41, nr 3, ss. 513-527.

Illeris, K. (2013) *Kompetens*. Lund: Studentlitteratur.

Illeris, K. & Andersson, S. (2007) *Lärande*. Lund: Studentlitteratur.

Iosup, A & Epema, D. (2014) An Experience Report on Using Gamification in Technical Higher Education, I *SIGCSE '14 Proceedings of the 45th ACM technical symposium on Computer science education*, 3-8 mars, Atlanta, GA, USA, ss. 27-32.

Jardine, A. K. S. (1973) *Maintenance, Replacement and reliability*, Pitman. Citerad i Johansson, K. (1997) *Driftsäkerhet och underhåll*. 2:a upplagan. Lund: Studentlitteratur.

Johannesson, H., Persson, J-G. & Pettersson, D. (2004) *Produktutveckling - Effektiva metoder för konstruktion och design*. Stockholm: Liber.

Johansson, B. et al. (2014) *Power-level sampling of metal cutting machines for data representation in discrete event simulation*.

Johansson, K. (1993) *Driftsäkerhet och underhåll*. Lund: Studentlitteratur.

Johansson, K. (1997) *Driftsäkerhet och underhåll*. 2:a upplagan. Lund: Studentlitteratur.

Kapp, K. M., Blair, L. & Mesch, R. (2014) *The Gamification of Learning and Instruction Fieldbook: Ideas into Practice*. San Fransisco: Wiley.

Keitt, T.J. (2010) Product Managers Take Note: Microsoft Is Using Serious Games To Product Test (And You Can Too). *Productivity Games - Ross Smith*.
http://blogs.forrester.com/tj_keitt/10-09-24-product_managers_take_note_microsoft_using_serious_games_product_test_and_you_can_to_o. (9 april 2015).

Kim, A. (2011) Beyond Gamification: designing the player journey. *Slideshare*.
<http://www.slideshare.net/amyjokim/gamification-101-short-talk>. (6 mars 2015)

Kobbacy, K. & Murthy, P. (2008) *Complex System Maintenance Handbook*. Springer-Verlag: London.

Levitt, J. (2008) *Lean maintenance*. New York: Industrial Press.

Levy, L. & Novak, J. (2009) *Game Development Essentials: Game QA & Testing*. Delmar Cengage Learning.

Lindgreen, A. & Swaen, V. (2010) Corporate Social Responsibility. *International Journal of Management Reviews*, vol. 12, nr 1, ss. 1–7.

Liyanage, J. (2007) Operations and maintenance performance in production and manufacturing assets. *Journal of Manufacturing Technology Management*, vol. 18, nr 3, ss. 304 - 314.

Ljungberg, Ö. (1998) Measurement of overall equipment effectiveness as a basis for TPM activities. *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 18, nr 5, ss. 495-507.

Mann, R. & Kohl, H. (2010) *Global Survey on Business Improvement and Benchmarking*. Global Benchmarking Network.

McGonigal, J. (2011) *Reality Is Broken: Why Games Make Us Better and How They Can Change the World*. London: Penguin.

Mekler, E. et al. (2013) Disassembling Gamification: The Effects of Points and Meaning on User Motivation and Performance. I *CHI '13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*; 27 april-2 maj, Paris, Frankrike, ss. 1137-1142.

Mobley, R. K. (2002) *An introduction to predictive maintenance*, Butterworth-Heinemann, Amsterdam; New York.

Mobley, R. K. (2004) *Maintenance fundamentals*. 2:a upplagan. Butterworth-Heinemann.

Mobley, R. K. (2014) *Maintenance engineering handbook*, 8:e upplagan. New York: McGraw-Hill.

Moeller, R. & White, K. (2008) Enter the Game Factor: Putting Theory into Practice in the Design of Peer Factor. *Peer Factor: Case Study*.
http://www2.bgsu.edu/departments/english/cconline/gaming_issue_2008/Moeller_White_Enter_the_game/index.html. (29 januari 2015)

Moore, W. J. & Starr, A. G. (2006) An intelligent maintenance system for continuous cost-based prioritisation of maintenance activities. *Computers in Industry*, vol 57, nr 6, ss. 595-606.

Moubray, J. (1997) *Reliability-centred maintenance: RCM II*. Oxford: Butterworth Heinemann.

Muchiri, P. et al. (2011) Development of maintenance function performance measurement framework and indicators. *International Journal of Production Economics*, vol. 131, nr 1, ss. 295-302.

Murugaiah, et al. (2010) Scrap loss reduction using the 5-whys analysis. *International Journal of Quality & Reliability Management*, vol. 27, nr 5, ss. 527-540.

Nakajima, S. (1988) *Introduction to TPM: total productive maintenance*. Productivity Press, Cambridge, Mass.

Osland, J. S. Kolb, D. A. & Rubin, I. M. (2001) *Organizational Behaviour: An Experiential Approach*. 7:e upplagan. New Jersey: Prentice-Hall.

- Pintelon, L., Gelders, L. & van Puyvelde, F. (2000) *Maintenance Management*. Leuven: ACCO. Citerad i Zhu G., Gelders L. & Pintelon L. (2002) Object/objective-oriented maintenance management. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, vol. 8, nr 4, ss. 306 - 318.
- Pulliam, P. & Starwarski, C. (2008) *Data Collection - Planning for and Collecting All Types of Data*. San Francisco: Pfeiffer.
- Raphael, C. & Bachen, C.M. (2011) Social Flow and Learning in Digital Games: A Conceptual Model and Research Agenda. I *Serious Games and Edutainment Applications*, red. Ma, M., Oikonomou, A. & Jain, L.C., ss. 61-84. London: Springer London.
- Sahgal, A. (2011) Gameification is Serious Business for Marketers. *CMO Exclusives*. <http://www.cmo.com/articles/2011/9/14/gamification-is-serious-business-for-marketers.html> (9 april 2015).
- Salen, K. & Zimmerman, E. (2004) *Rules of play: Game Design Fundamentals*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Seliger, G. (2007) *Sustainability in Manufacturing: Recovery of resources in product and material cycles*. Berlin: Springer Verlag.
- Smith, A.M. (1993) *Reliability-centered maintenance*. New York: McGraw-Hill.
- Smith, R. (2011) The Gameification of Work. *Management Innovation Exchange*. <http://www.managementexchange.com/blog/moonshot/gamification-work>. (9 april 2015).
- Smith, R. & Hawkins, B. (2004) *Lean Maintenance*. Burlington: Butterworth–Heinemann.
- Spool, M. J (2004) A Group Process for Establishing Priorities. *User Interface Engineering*. http://www.uie.com/articles/kj_technique/. (6 mars 2015).
- Susi, T. Johannesson, M. & Backlund, P. (2007) *Serious Games - An Overview*. Skövde: Skövdes universitet.
- Svensk Elstandard. (2000) *SS 441 05 05 Tillförlitlighet - Ordlista*. Kista: SEK Svensk Elstandard.
- Svensk Standard. (2010) *SS-EN 13306 Maintenance terminology*. 2:a utgåvan. SIS - Industriteknik.
- Tay, L. (2010) Employers: Look to Gaming to Motivate Staff. *ITNews; for australian Business*. <http://www.itnews.com.au/News/169862,employers-look-to-gaming-to-motivate-staff.aspx> . (9 april 2015).

Watson, D., Hancock, M. & Mandryk, R. L. (2013) Gamifying Behaviour that Leads to Learning. I *Gamification '13*; 2-4 oktober 2013, Stratford, ON, Kanada, ss. 87-90.

Watson, W. R. & Fang, J. (2012) PBL as a Framework for Implementing Video Games in the Classroom. *International Journal of Game-Based Learning*, vol. 2, nr 1, ss. 77-89.

Weinstein L., Vokurka J. R. & Graman A. G. (2009) Costs of quality and maintenance: Improvement approaches. *Total Quality Management & Business Excellence*, vol. 20, nr 5, ss. 497-507.

Wilkins, D. J. (2002) The Bathtub Curve and Product Failure Behavior, Part One - The Bathtub Curve, Infant Mortality and Burn-in. *Reliability Hot Wire, The eMagazine for for the Reliability Professional*. <http://www.weibull.com/hotwire/issue21/hottopics21.htm> (20 mars 2015).

Wudhikarn, R. (2013) A Framework for Integrating Overall Equipment Effectiveness with Analytic Network Process Method. *International Journal of Innovation, Management and Technology*, vol. 4, nr 3, ss 351-355.

Zhu G., Gelders L. & Pintelon L. (2002) Object/objective-oriented maintenance management. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, vol. 8, nr 4, ss. 306-318.

Bilaga A - Verifieringsmodellen

Följande frågemodell är framtagen för att agera som diskussionsunderlag och kontrollmekanism för en konceptgenereringsprocess med mål att ta fram ett socialt pedagogiskt spel. Modellen utgår ursprungligen från en modell som presenteras av Kapp et al. (2014). Denna modell har kombinerats med en modell av Kim (2011), frågorna från modellerna korrigerades och sammanställdes till tre frågegrupper. Till slut kompletterades dessa grupper med egengenererade frågor som avsåg att kontrollera hänsynstagande till annan viktig teori inom området som problembaserat lärande (Watson & Fang, 2012), teori kring flow (Chen, 2007), social gameflow-ramverket (Raphael & Bachen, 2011) och Bartles (2003) fyra spelartyper.

Det kan vara en god utgångspunkt att hantera frågegrupperna i numerisk ordning, men det är viktigt att under processens gång gå tillbaka och revidera svar på tidigare frågor efter behov. Överfrågorna är de som huvudsakligen ska besvaras; underfrågor finns som stöd för att besvara överfrågorna.

Praktisk design

1. Vilka regler har spelet?

- Vilka spelmekaniker används?
- Hur passerar speltiden?
- När och hur slutar spelet?

2. Vad kommer spelarna att göra?

- Vilka är de huvudsakliga spelaraktiviteterna?
- Vilka beslut fattar spelarna?
- Vilka är spelarnas mål?

3. Hur fattar spelarna beslut?

- Vilket beslutsunderlag finns tillgänglig?
- Fattas beslut i grupp eller enskilt?
- Finns gott om tid till beslutsfattandet eller sker det under tidspress?

4. Inom vilka ramar ska spelet spelas?

- Med hur stora grupper?
- Under hur lång tid?
- Vilka praktiska eller tekniska hjälpmedel behövs för att spela spelet?

5. Har spelarna olika roller?

- Isåfall, vad skiljer rollerna åt?
- Isåfall, hur relaterar rollerna till varandra?
- Isåfall, vad är baktanken med detta?

Kommunikation och feedback

1. Hur lär sig spelarna spelet?

- Hur introduceras spelarna till spelets regler och mål?
- Introduceras fler spelmekaniker, mål eller regler under spelets gång?

2. Hur mäts spelarnas framgång?

- Vilka kvantitativa och kvalitativa mått används?
- Hur kopplas prestationsmåten till lärandemålen?
- Hur kommuniceras till spelarna hur de presterar?

3. Hur interagerar spelarna med varandra?

- Vilka kommunikationskanaler finns tillgängliga?
- Finns det några begränsningar för kommunikationen?
- Vad kommer spelarna att kommunicera om, och vad vill de uppnå med detta?

4. Hur balanseras utmaningen i spelet?

- Hur undviks att spelarna varken blir överväldigade eller uttråkade?
- Vilken hjälp erhåller spelarna för att lyckas?

5. Finns en spelledare?

- Isåfall, vad är dennes roll och uppgifter?

Metaperspektiv

1. Vad är det som kontinuerligt motiverar spelarna?

- Vad får spelarna att vilja prestera bra och försöka nå spelets mål?
- Vad är egentligen det roliga i spelet?
- Hur ser spelarnas resa genom spelet ut?
- Hur utnyttjas det sociala samspelet för att öka motivationen?

2. Hur kopplas spelets lärdomar till andra studieaktiviteter?

- Hur bidrar spelets mekaniker till att skapa dessa kopplingar?
- Vilken tidigare kunskap kan spelarna utnyttja för att fatta beslut?

3. Får spelarna möjlighet till reflektion?

- Hur får spelarna reflektera över spelets upplägg, resultat och lärdomar?
- Sker det efter spelet eller kontinuerligt under spelets gång?

4. Hur hanterar och engagerar spelet alla fyra typer av spelare?

- Hur kommer spelarnas agerande att skilja sig åt?
- Vad kan de olika spelstilarna skapa för problem?
- Hur hanteras spelstilarna för att driva samtliga spelare mot inlärning?

5. Hur fokuseras den sociala interaktionen för att främja snarare än att bryta flow?

- Hur sammankopplas spelarnas mål och belöningar?
- Hur skapas en känsla av egenkontroll för varje spelare?
- Hur anpassas spelets utmaning och feedback för att hantera många spelare?

Bilaga B - Frågor inför workshopen

Denna frågemodell är en tidig version av den slutgiltiga modell som återfinns i bilaga A. Precis som den slutgiltiga modellen är frågorna tänkta att användas som diskussionsgrund och kontrollmekanism vid konceptgenerering av ett socialt pedagogiskt spel.

Frågorna i denna modell utgår från frågemodellen presenterad av Kapp et al. (2014), vilken kompletterades med hjälp av aspekter från Watson & Fang (2012) och Kim (2011). Utifrån dessa sammanställdes den nedanstående frågemallen, indelad i 12 centrala frågegrupper. Modellen utvecklades senare vidare för att få en tydligare struktur och för att inkludera en större del av den framtagna teorin.

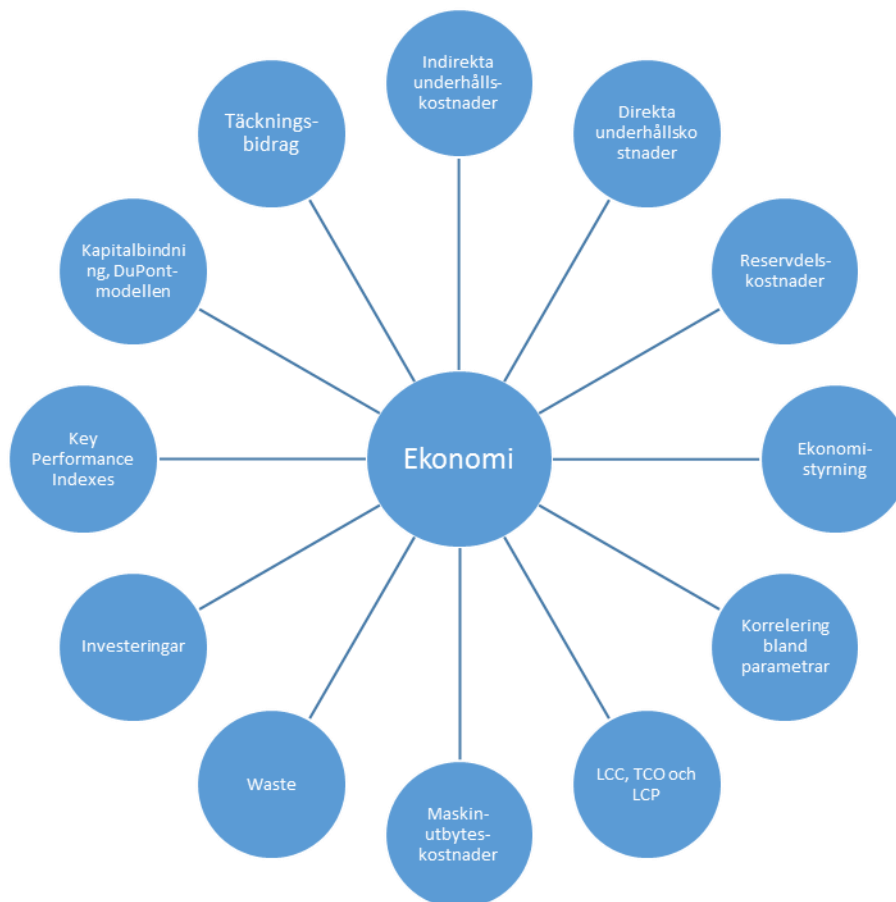
1. Vad är det spelarna kommer att göra?
Vilka beslut har de att ta?
Har de olika roller?
Vilka är deras mål?
Hur interagerar spelarna med varandra?
2. Vilka regler har spelet?
Hur passerar speltiden?
Hur slutar spelet?
3. Inom vilka ramar ska spelet spelas?
Hur många spelare ska kunna delta?
Hur lång tid kommer spelet att ta?
4. Finns det en spelledare?
Isåfall, vad är dennes roll och uppgifter?
5. Hur introduceras spelarna till spelet?
Hur lär de sig reglerna och målen?
6. Hur bestämmer spelarna vilka beslut de ska fatta?
På vilket underlag?
Vilken tidigare kunskap kan de utnyttja?
Fattas beslut i grupp eller ensamma?
7. Hur mäts spelarnas framgång?
Hur kopplas detta till lärandemålen?
8. Hur kommuniceras det till spelarna hur de presterar?
9. Hur balanseras utmaningen i spelet så att spelarna varken blir överväldigade eller uttråkade?

10. Vad är det som kontinuerligt motiverar spelarna till att prestera bra och försöka nå sina mål?
11. Hur kopplas spelets lärdomar till andra, relaterade studieaktiviteter?
Hur bidrar spelet till att skapa dessa kopplingar?
12. Hur får spelarna möjlighet att reflektera över spelets upplägg, resultat och lärdomar?
Sker det efteråt eller kontinuerligt under spelets gång?

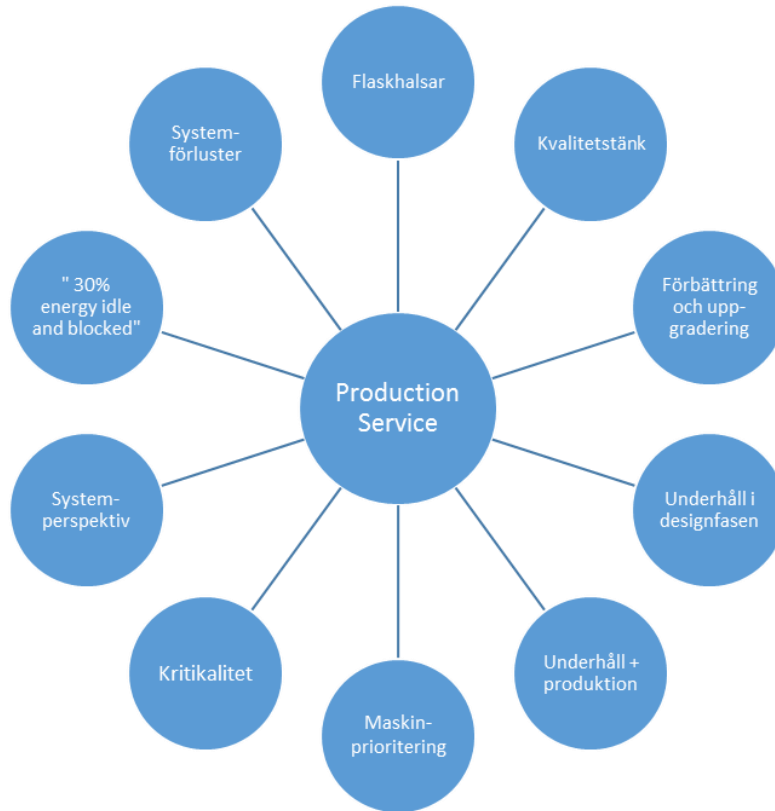
Bilaga C - Resultatet från KJ Shiba-analysen

De nio grupper som framkom under workshopen där metoden KJ Shiba nyttjades presenteras fortsatt i fallande ordning baserat på den prioritering som området erhöll under workshopen. Först ges en kort förklaring av varje grupp, och därefter visualiseras alla grupper med figurer innehållandes samtliga komponenter. Det viktigaste som gruppen tog med sig från workshopen var att det framtagna konceptet borde belysa det essentiella helhetsperspektiv som krävs för att effektivt kunna arbeta med underhåll utifrån långsiktiga mål.

Den mest prioriterade gruppen är *Ekonomi*, vilken innefattar alla ekonomiska begrepp kopplade till underhåll, däribland underhållets påverkan på företagets lönsamhet (Figur C.1). *Production service* innefattar bland annat samspelet mellan underhåll och produktion, där underhåll i ett bredare kontext är centralt (Figur C.2). Gruppen *Underhållstyper* innefattar de olika underhållstyperna samt fördelar och nackdelar med dessa (Figur C.3). Gruppen *Mätetal/data* innefattar en mängd olika mätetal, vilka kan användas som beslutsunderlag inom underhåll (Figur C.4). *Human resources*-gruppen innefattar hur kunskapsöverföring och -utveckling för underhåll sker inom ett företag (Figur C.5). *Hållbarhet* är nästföljande grupp, denna innefattar hur underhåll kan användas för att ett företag ska bli hållbart (Figur C.6). Gruppen *Underhållskoncept* innefattar tre olika strategiska tillvägagångssätt för underhåll (Figur C.7). Därefter följer hur underhåll skiljer sig beroende på produktionslayout (Figur C.8) samt skillnader mellan traditionell och modern syn på underhåll (Figur C.9).



Figur C.1: Ekonomi



Figur C.2: Production Service



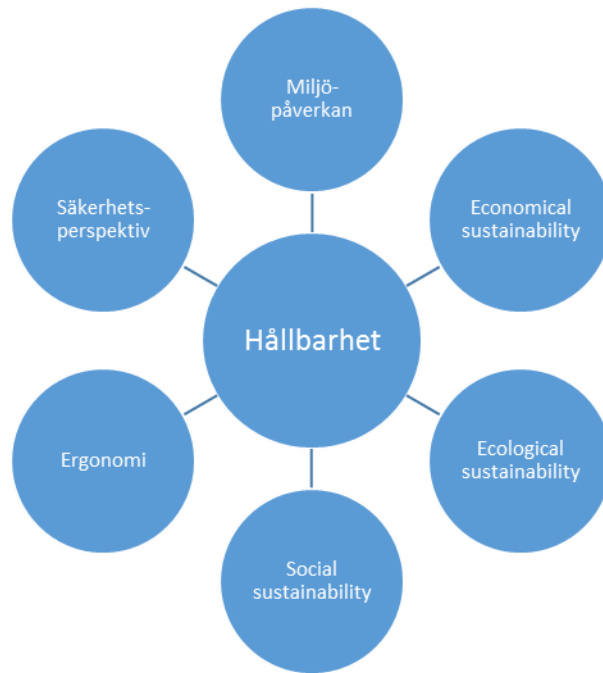
Figur C.3: Underhållstyper



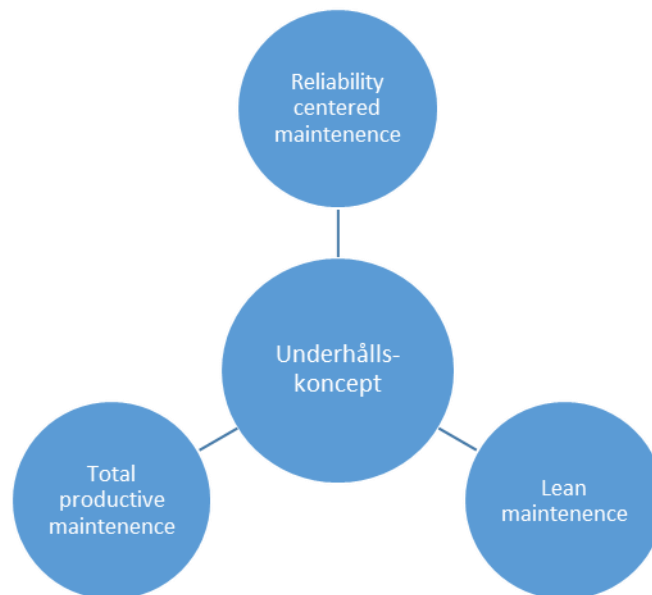
Figur C.4: Mätetal/ Data



Figur C.5: Human resources



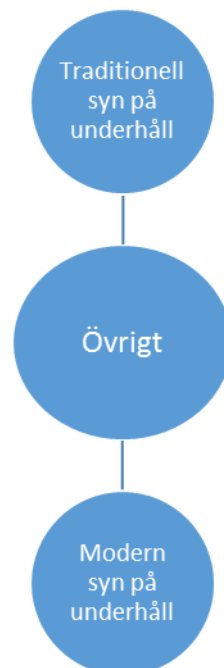
Figur C.6: Hållbarhet



Figur C.7: Underhållskoncept



Figur C.8: Skillnader i produktionslayouter



Figur C.9: Övrigt

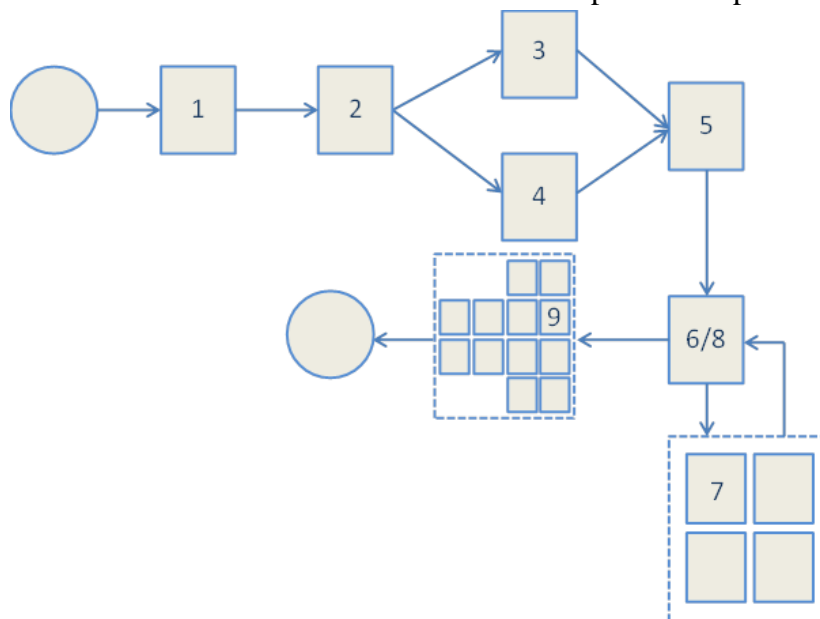
Bilaga D - Gökboet AB

Företaget Gökboet AB producerar tre standardmodeller av fågelholkar som finns tillgängliga i fyra olika färger (röd, grön, vit och träfärgad). Företaget tar även emot specialbeställningar på fågelholkar men dessa är relativt sällsynta. Utbudet av de olika modellerna beror på att olika fågelarter kräver olika storlekar på bo.

Produktionen som den ser ut idag är halvautomatiserad, delar av produktionen är helt automatiserad medan andra delar inkluderar manuellt arbete. På grund av produktionens ställtider producerar företaget mot prognos i batcher.

Produktionen är indelad i ett antal processer/stationer:

Trä kommer in till fabriken i stora skivor och bearbetas (1) tills önskad yta fås. Träskivorna sågas till (2) så att de olika beståndsdelarnas fås, sex delar för varje modell. De tillsågade bitarna sortereras och fördelas, framsidorna transporteras till den stora borren (3) och resterande delar till den mindre borren (4). För den stora borren som ska borra hål i framsidorna, vilka varierar i storlek mellan de olika modellerna, finns det en ställtid. Efter borrningen målas och lackeras de olika delarna (5), maskinen har en ställtid mellan olika färger och lack. Torkning sker på ett långsamt drivet band genom en torkmaskin (6), vilket medför en lång cykeltid och många produkter i arbete. I monteringen limmas och pluggas alla delar, utom framsidan, automatiserat. Monteringen sker av ett fåtal snabba maskiner (7) som har en kort cykeltid. Därefter körs produkterna ytterligare en gång genom torkstationen (8) där konflikt mellan två olika flöden kan ske. Monteringen av plåt runt hålet på framsidan fågelboet och de spikar som håller framsidan på plats monteras manuellt (9). Arbetet utförs av flera parallella team där varje team består av två montörer där en monterar plåtdelar och en slår in spikar. Vid denna station utförs även en kvalitetskontroll och en informativ inspektion av produkterna.



Figur D.1: Flödesschema för fabriken

Bilaga E - Benchmarkingresultat

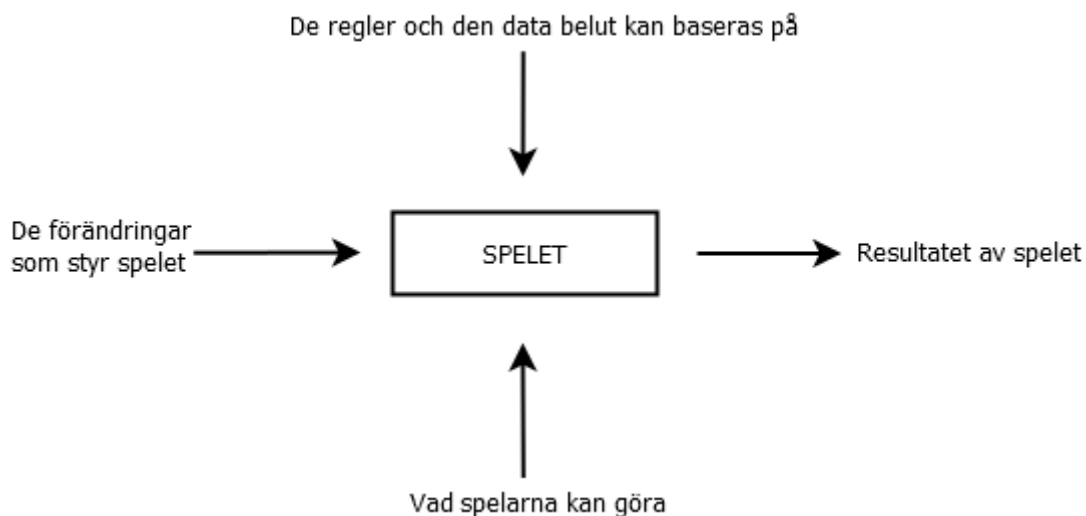
Benchmarking-studien har påverkat spelkonceptet då inspiration har tagits från de olika spelen. I bilagan presenteras de modeller som använts för att analysera de olika spelen samt resultatet av analysen för respektive spel.

E.1 Analyismetoder

I detta delkapitel presenteras de modeller som använts för att utvärdera benchmarking-objektens styrkor och svagheter. Tidigt i processen stod det klart att gruppen var i behov av både en modell som objektivt kunde visualisera vilka variabler som styrde spelet och frammanade dess resultat, men också en modell som subjektivt gav utrymme att bedöma hur väl spelen lyckades förmedla den avsevärda kunskapen och uppfattningen om spelet.

E.1.1 IDEF0-modellen

Den för benchmarking-studien anpassade varianten av en IDEF0-modell visas i Figur E.1. IDEF0 är främst ett verktyg för att klargöra vilken funktion de olika element i spelet har och på vilket sätt spelarna kan påverka dessa. Modellen beskriver även vilka händelser som spelet styr per automatik. Om ett spel får en önskad effekt kan också IDEF0-modellen vara ett sätt att identifiera den variabel eller händelse som initierar effekten.

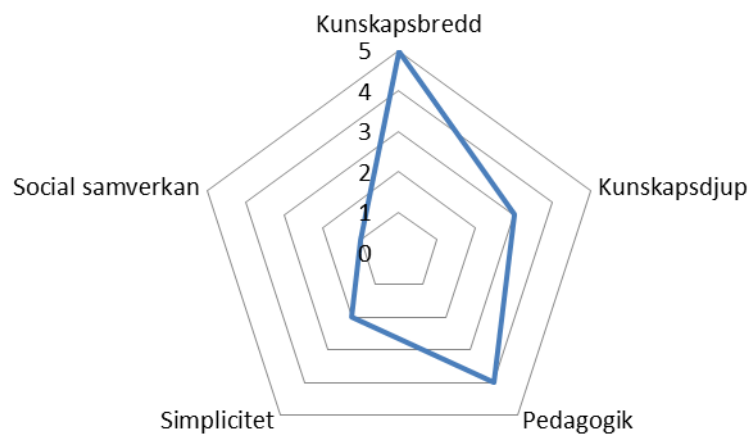


Figur E.1: Den IDEF0-modell som benchmarking-studien använder sig av

E.1.2 Spindeldiagram

Spindeldiagrammet är den modell som fått ge utrymme för gruppens subjektiva uppfattning av benchmarking-objektet. Spindeldiagrammet visas i Figur E.2. Varje benchmarking-objekt utvärderas efter fem dimensioner, där varje dimension tilldelas ett värde mellan ett och fem, där en högre siffra påvisar att spelet väl inkluderar den avsedda dimensionen. Spindeldiagram är också effektiva för att senare utvärdera det spelet vidareutvecklingen av konceptet kommer leda till, om det egna spelets prestation sammanställs i ett spindeldiagram kan det jämföras med de undersökta benchmarking-objektens prestation, vilket möjliggör en enkel slutsats om

vad som kan förbättras (Andersen & Pettersen, 1997). Jämförs den egna produkten med konkurrenters produkt erbjuds en fingervisning om vilka områden som kan förbättras.



Figur E.2: Spindeldiagrammens tillämpning för projektet med exempelresultat

De fem dimensionerna är kunskapsbredd, kunskapsdjup, pedagogik, simplicitet och social samverkan. Kunskapsbredd mäter hur många kunskapsområden spelet inkluderar och ämnar förmedla till den spelande individen. Kunskapsdjup syftar till hur djupgående den kunskap spelaren erhåller är. Pedagogik syftar till att illustrera uppfattningen om hur väl spelet lär ut det som avsetts. Dimensionen simplicitet har för avsikt att bedöma hur enkelt det är att förstå och spela det aktuella spelet. Avslutningsvis visar social samverkan hur mycket interaktion en spelare har med andra aktörer.

E.2 Projektens benchmarkingobjekt

De spel som under projektet har studerats och utvärderats är *Ekonomispelet*, *Immune attack*, *Leanspelet*, *Underhållssimulering*, och *Ölspelet*. De olika spelen behandlar områden både inom, men även utanför, underhåll, dels på grund av att utbudet till fler spel ökar, men även då benchmarking utanför det egna området ger möjlighet att anamma element som anses användbara även inom det egna området, i detta fall pedagogiska spel inom underhållsteknik.

De brädspel som undersöks har spelats eller observerats av flera av gruppens medlemmar medan de datoriserade spel som undersökts har provspelats av en av gruppens medlemmar. För att möjliggöra en givande diskussion har denna sedan delgett resterande gruppmedlemmar sina upplevelser och spelets mekaniker för att möjliggöra en analys av spelet.

E.2.1 Ekonomispelet

Ekonomispelet är ett datorspel som ska ge en inblick i vilka kostnader som uppstår för en individ med ett eget hushåll. Syftet är att lära ut vad en egen ekonomi innebär och att alla individer måste stå för sina handlingar.

E.2.1.1 Spelförfarande - Ekonomispelet

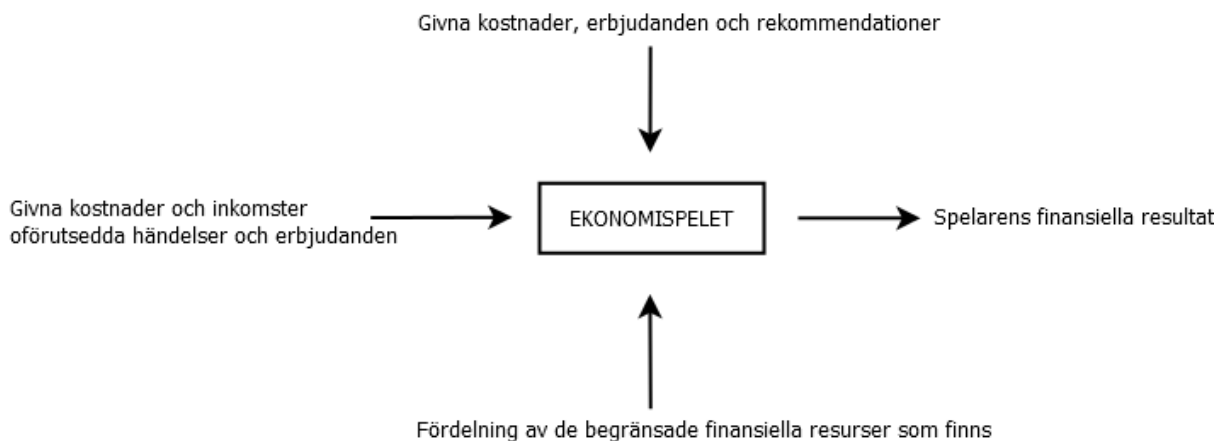
Det är ett datorspel som ska lära ut kostnader och är till för att lära yngre människor att hushålla med sina resurser varje månad. Första nivån i spelet behandlar en student som ska

flytta hemifrån, spelaren ska lära sig att planera en budget, köpa möbler och förbrukningsvaror till det egna hushållet. En spelare ges möjligheten att testa och se vad som sker om exempelvis hyran inte betalas en månad, samtidigt finns förklaringar till varför varje kostnadspost uppstår och måste betalas.

Spelaren lär sig snabbt att inkomster krävs för att utgifterna ska kunna betalas och att oförutsedda utgifter kräver sparat kapital. Spelaren får också erfara vad som händer om denna bortser från räkningar eller införskaffande av nödvändigt materiel genom exempelvis förseningsavgifter och förlorat jobb.

E.2.1.2 IDEF0-analysen av Ekonomispelet

De element som karakteriserar och ger förutsättningarna för Ekonomispelet har sammanställts under respektive element i IDEF0-modellen som projektet använder (Figur E.3). Vidare ges en kortare förklaring till de element som visualiseras i figuren.



Figur E.3: IDEF0-analysens resultat för Ekonomispelet

Input: Spelet styrs av fördefinierade kostnader och inkomster. Dessa kompletteras med oförutsedda händelser och erbjudanden för att få spelaren att aktivt fatta egna beslut.

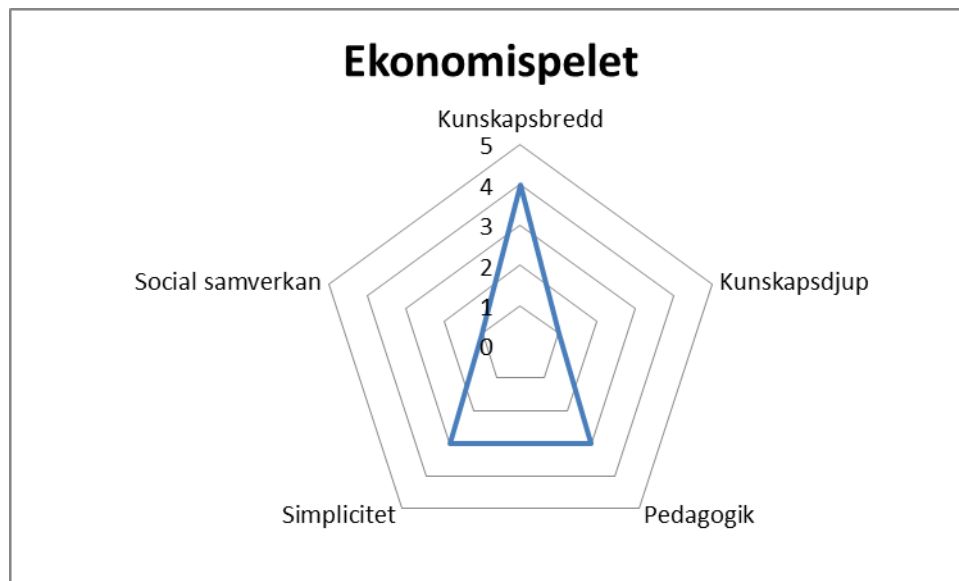
Mechanism: Spelaren fattar beslut på månadsbasis och väljer hur och om de tillgängliga medlen ska spenderas. En spelare kan välja att inte betala räkningar eller inte införskaffa de förnödenheter som krävs men straffas då av spelet.

Control: Räkningar, kostnader och erbjudanden presenteras för spelaren. Spelarna ges även rekommendationer om hur mycket pengar som behöver spenderas på förnödenheter.

Output: När en nivå är färdig presenteras ett resultat för individen hur mycket pengar som har sparats och vad som finns av värde i hushållet.

E.2.1.3 Spindeldiagrammet över Ekonomispelet

Ekonomispelet har bedömts utifrån de fem subjektiva dimensionerna som studien definierat, vilket visualiseras i ett spindeldiagram (Figur E.4). Varefter en kortare motivation till de angivna värdena presenteras.



Figur E.4: Spindeldiagrammet över Ekonomispelet

Spelet ger en god inblick i vilka kostnader som uppstår när ett eget hushåll initieras. Kostnaderna är anpassade för att vara realistiska och spelaren märker konsekvenserna av felprioriteringar. Därför ges kunskapsbredden en fyra. Även om olika sparformer presenteras när spelet fortgår stannar spelet av ganska fort och ny information tillkommer aldrig varför en fördjupad kunskap aldrig nås, vilket har gett kunskapsdjup en etta. Den information som krävs för spelet presenteras på ett överskådligt och pedagogiskt vis, vilket underlättar inläringen för den ovana spelaren. Pedagogik har därav fått en trea. Ekonomispelet är enkelt att bemästra, en spelare får lära sig att fatta rätt beslut och inse vad som måste göras varje månad. Dock presenteras all viktig information under första rundan vilket medför att simplicitet får en trea. Det finns en möjlighet att registrera sig och jämföra sitt eget resultat med andra men någon samverkan i själva spelet är inte möjligt varför social samverkan ges en etta.

E.2.1.4 Spelupplevelsen i Ekonomispelet

Själva spelplanen är ganska simpel och visar en lägenhet eller ett mindre hus som går att inreda. Efter att ha lärt sig de grundläggande mekanikerna i spelet är det möjligt att avancera till nästa nivå och börja studera på högskola och efter det arbeta. Det som egentligen sker då är att summorna på räkningar och inkomster som förändras och spelaren ges möjlighet att investera sina pengar först i fonder och när denna börjar arbeta också i aktier. Det händer däremot inte många nya saker och efter lite spelande finns det inget mer som kan uppnås i spelet utöver att öka det egna kapitalet.

Det är konstigt att inte mer information om de alternativa sparformerna ges, spelaren lär sig inget om avkastning eller vad de investerade pengarna resulterar i, vilket upplevs som ett förlorad möjlighet till kunskapsdelning, varför de olika sparformerna upplevs som ett onödigt inslag.

Det anses trots det som ett bra spel för någon som aldrig bött hemifrån och inte förstår vilka kostnader som uppstår. Spelet ger spelaren en uppfattning om de kostnader som ett eget

hushåll medför varje månad. Det är pedagogiskt med informativ text till läsaren, men om denna inte nyttjar den möjligheten minskar det pedagogiska inslaget drastiskt.

E.2.2 Immune attack

Immune attack är ett spel som är utvecklat för att på ett roligt och engagerande vis lära ut immunologi. Tanken är att det ska kunna lära ut immunologi på högskolenivå till studenter som är på en gymnasialnivå, detta genom att den detaljerade cell- och molekylärbiologin lärs ut genom ett spel.

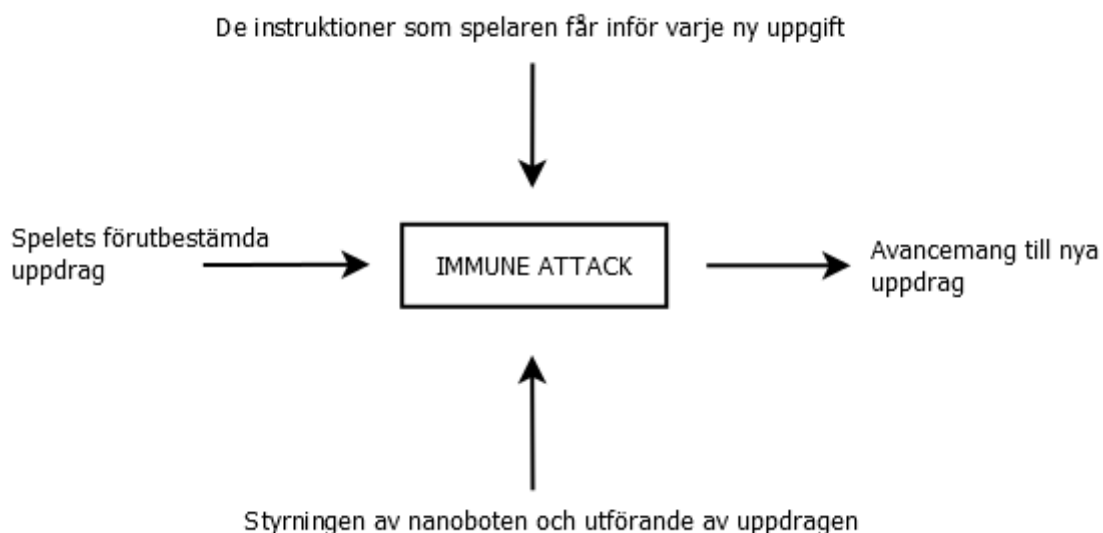
E.2.2.1 Spelförfarande - Immune attack

Immune Attack är ett datoriserat spel som ska lära spelaren om kroppens immunförsvar och hur det fungerar. Det finns två olika nivåer för att kunna anpassa utmaningarna i spelet. Spelet går ut på att lokalisera olika infektioner i kroppen och oskadliggöra dessa genom att utnyttja de resurser som kroppen naturligt har för att bota sig själv.

Spelaren styr en liten "nanobot" genom kroppen. Spelaren tilldelas olika uppdrag som att lokalisera en infektion och sedan markera vägar för kroppens naturliga försvar att hitta dit. Spelaren får också hjälpa till att hitta de olika bakterierna och markera dessa så att kroppens försvarare kan oskadliggöra dem. Spelaren lär sig snabbt att styra och manövrera sin nanobot men det krävs en datormus för att underlätta spelandet. Själva speluppgifterna i sig är ganska likartade och det känns som om det krävs en förändring i spelet för att hålla intresset vid liv ett längre tag.

E.2.2.2 IDEF0-analysen av Immune attack

De element som karakteriserar Immune attack och ger dess förutsättningar har sammanställts under respektive element i IDEF0-modellen som projektet använder (Figur E.5). Vidare ges en kortare motivering till de element som presenteras i figuren.



Figur E.5: IDEF0-analysens resultat för Immune attack

Input: Spelet styrs av förbestämda banor där det är tydligt givet vad som ska utföras. Spelet flyter på utan några oförutsedda händelser.

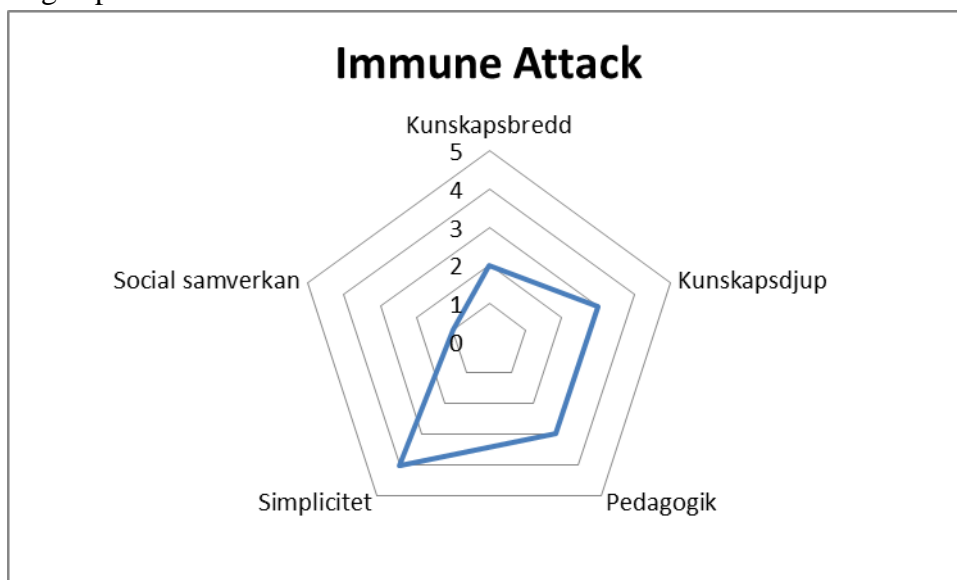
Mechanism: Spelaren styr sin nanobot och bekämpar sjukdomar i kroppen, under spelets olika banor finns det bara en uppgift som ska utföras och det är också det som spelaren kan göra. Utöver uppdraget kan spelaren alltid klicka på kroppens beståndsdelar för att få mer information om respektive del.

Control: En spelare får instruktioner om vad som ska göras inför varje nytt uppdrag, dessa upprepas också varje gång spelaren misslyckas.

Output: När ett uppdrag är avslarat gratuleras spelaren och tillåts fortsätta med nästa uppdrag.

E.2.2.3 Spindeldiagrammet över Immune attack

Immune attack har bedömts utifrån de fem subjektiva dimensionerna som projektet använt sig av, dessa visualiseras i ett spindeldiagram (Figur E.6). Varefter en kortare förklaring till betygsättningen presenteras.



Figur E.6: Spindeldiagram över Immune attack

Spelet ger en inblick i hur kroppen ser ut och dess olika beståndsdelar. Detta för att ge spelaren en bild på hur kroppen faktiskt fungerar. Däremot begränsas spelet till att täcka infektioner och bekämpning av dessa med kroppens egna försvar, resten av kroppens funktioner utelämnas, varför kunskapsbredd givits en tvåa. Även om spelaren inte lär sig om så mycket så kan den få hyfsat detaljerad kunskap om flertalet beståndsdelar som passerar i kroppen, vilket har gett kunskapsdjup en trea. Den information som krävs för spelet presenteras inför varje nytt uppdrag och varje nytt försök på ett uppdrag, när en spelare är påväg att misslyckas med ett uppdrag kan spelet också påminna spelaren om de instruktioner den fått. Däremot anses inte att den faktiska kunskapen förmedlas på ett lättöverskådligt vis, så pedagogik har därav fått en trea. Immune attack är inget komplicerat spel men det kräver att spelaren har en datormus för att enkelt manövrera sig i spelet. Den information som krävs presenteras också stegvis för spelaren vilket ger simplicitet en fyra. Det finns ingen möjlighet till social samverkan med andra spelare varför dimensionen social samverkan tilldelas en etta.

E.2.2.4 Spelupplevelsen i Immune attack

Spelaren får mycket information genom popup-fönster med text. Dessa läses automatiskt upp för spelaren för att kombinera att spelaren både läser och hör meddelanden. Detta gäller även instruktioner för uppdragen. Många av kroppens beståndsdelar har latinska namn och när många presenteras samtidigt för spelaren är det osannolikt att spelaren ska kunna tillgodogöra sig all information. Men vid spelande över en längre tid kan en spelare nog minnas namnen, då dessa upprepas många gånger.

Den miljö som spelaren befinner sig i är grafiskt välutformad och ger ett intryck av att vara skapad efter vetenskapliga fakta om kroppens utseende. Det är dock lite svårt att föreställa sig att man åker runt i en kropp, men det beror mer på okunskap om kroppens faktiska utseende än spelets grafiska layout.

Spelet kan sammanfattas som ett bra pedagogiskt verktyg för att initialt skapa ett intresse för att lära sig mer om kroppen och få en grundläggande förståelse för vilket otroligt maskineri en människas kropp egentligen är. Den nyfikna spelaren erbjuds en stor mängd kunskap då allt som passerar i kroppen går att klicka på för att få information om varje liten beståndsdel. Det är dock synd att delmomenten i varje uppdrag inte skiljer sig åt mer så att spelaren känner av att tillvägagångssätten förändras. Det skulle nog öka intresset och engagemanget och med det den mängd kunskap som spelaren kan ta med sig från spelet.

E.2.3 Lean-spelet

Spelet syftar till att lära ut *Lean Production* och dess underliggande koncept. Genom gruppdiskussioner och samarbete ska deltagarna efter spelet vara införstådda i ett flertalet grundläggande *Lean*-metoder. Spelet används multinationellt på universitet och företag och är ämnat att kunna användas av alla parter, både operatörer och chefer, som påverkas av en implementering av *Lean*.

Den 24 mars spelade gruppen, med en gruppmedlem som spelledare, *Lean-spelet*. Spelet lånades av Chalmers teknologkonsulter på Chalmers tekniska högskola. Av de gruppmedlemmar som var med och spelade hade en testat spelet tidigare. Utöver gruppen så var fem studenter som läser sitt andra år på Industriell ekonomi med, det för att spelet kräver ett visst antal deltagare.

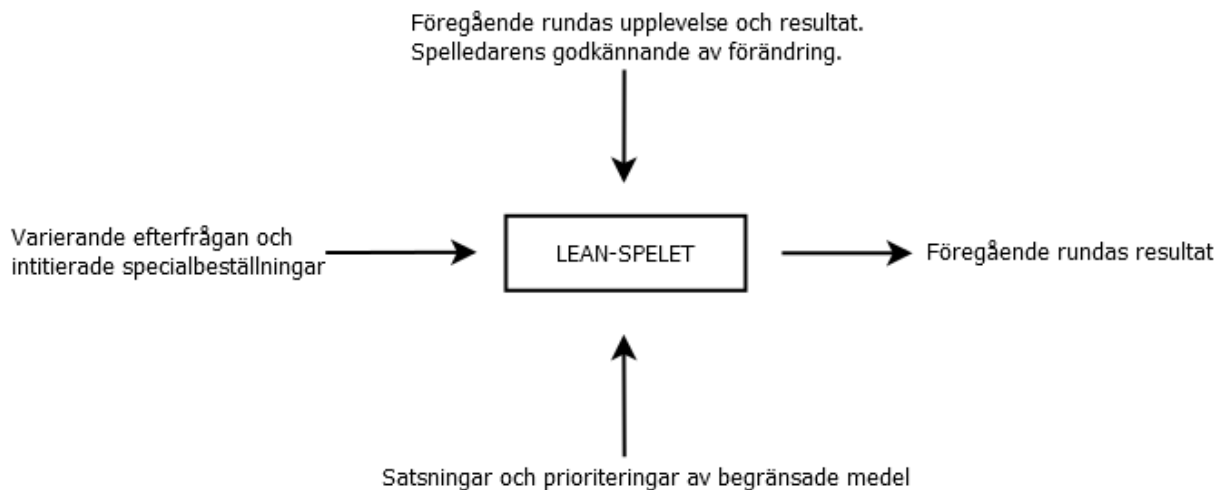
E.2.3.1 Spelförfarande - Lean-spelet

Lean-spelet ska simulera flödet i en fabrik som till en början går med förlust. Spelarnas uppgift är att successivt införa förbättringar som ska vända den negativa trenden och göra att produktionen ger ett positivt resultat. Spelet inkluderar åtta till tio aktörer som alla påverkar förloppet och resultatet. En produkt ska förflytta sig från orderplaneraren via press, montering, värmebehandling, kvalitetskontroll och lager till slutkunden, tiden det tar för en produkt att passera genom fabriken bör eftersträvas att vara så kort som möjligt. Alla förflyttningar som sker måste göras av en spelare, materialhanteraren.

Spelet är ämnat att lära ut de grundläggande principerna bakom Lean Production utan att en spelare behöver ha några förkunskaper. Detta sker genom att spelarna efter en omgång, vilken ges av ett givet antal beställningar, får diskutera och besluta om två förändringar de vill göra för att effektivisera produktionen. Poängen med spelet är att spelarna gemensamt ska diskutera olika lösningsförslag och dess effekter på produktionssystemet. Deltagarna inser ofta intuitivt vilka förbättringar som de förväntas implementera. Däremot är spelet, för spelare som redan är bekanta med synsättet, inte lika givande då utmaningen främst blir att lyckas implementera principerna bakom Lean i en optimal ordning. Bland de resultatvariabler som används för att beräkna gruppens prestation är antalet produkter som levererats i tid, sent respektive inte alls, centrala och mynnar tillsammans med mått på specialprodukter, antal anställda och kvalitetsbrister ut i ett slutgiltigt vinstmått.

E.2.3.2 IDEF0-analysen av Lean-spelet

De element som karakteriserar och ger förutsättningarna för Lean-spelet har sammanställts och indelats under respektive element i IDEF0-modellen som projektet använder (Figur E.7). Vidare ges en kortare förklaring till de element som visualiseras i figuren.



Figur E.7: IDEF0-analysens resultat för Lean-spelet

Input: Spelet styrs på grund av den varierande efterfrågan och kompletteras med specialbeställningar initierade av spelaren. Förändringsförslag av spelaren.

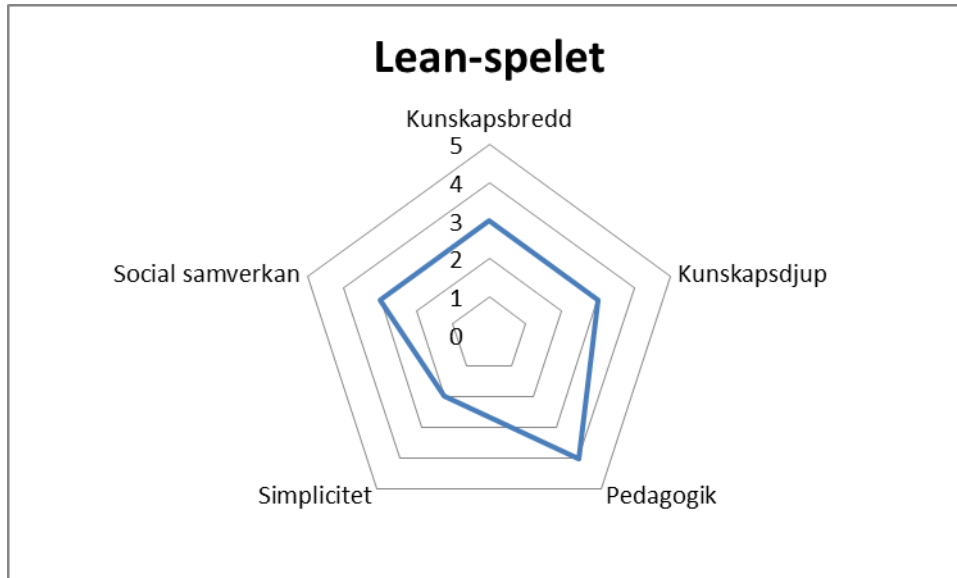
Mechanism: Spelarna kan tillsammans fatta beslut till strukturförändringar för att effektivisera verksamheten.

Control: Besluten som fattas måste godkännas av spelaren och ska hamna inom ramarna för Lean. Resultaten, vilka besluten fattas utifrån, är från föregående rundas upplevelse och resultat i form av producerade enheter, kundnöjdhet etc., vilka kvantifieras i ett finansiellt resultat.

Output: Föregående rundas resultat i form av producerade enheter, kundnöjdhet etc., vilka kvantifieras i ett finansiellt resultat.

E.2.3.3 Spindeldiagrammet över Lean-spelet

Lean-spelet har bedömts utifrån de fem dimensionerna som studien definierat, vilka presenteras i ett spindeldiagram (Figur E.8). Varefter en kortare motivation till de angivna värdena ges.



Figur E.8: Spindeldiagram över Lean-spelet

Spelet behandlar många underliggande koncept, vilket ger spelaren en god förståelse för vad som kan ingå i Lean och effekterna av en god implementation. Dock saknas all form av teori kring implementationsprocessen och krav på företagskultur kopplad till Lean Production, varför kunskapsbredd getts en trea. De olika koncepten och följderna av deras implementation behandlas endast grundläggande. Dock visas synergieffekter bland de olika koncepten väl, varför kunskapsdjup har tilldelats en trea. Visualiseringen av fördelarna med Lean, genom de finansiella resultaten, är god och överblickbar. Deltagarna kan enkelt följa resultatets utveckling genom sina förändringar, så pedagogik har fått en fyra. Deltagarna ställs inför mycket information och en stor utmaning redan från början, vilket gör att spelet kan uppfattas som överväldigande. Dock är deltagarnas arbetsuppgifter väl definierade och lätta att följa, varför simpliciteten sätts till en trea. Gemensamma diskussionsmoment mellan varje runda ger god social samverkan. Dock är grupperna stora, vilket kan leda till att alla inte inkluderas i diskussionen så social samverkan har getts en trea.

E.2.3.4 Spelupplevelsen i Lean-spelet

En av de viktigaste lärdomarna som en spelare tar med sig från Lean-spelet, utöver den grundläggande förståelsen för koncepten bakom Lean Production, är att rätt metoder måste införas vid rätt tidpunkt och i rätt ordning för att ge ett optimalt resultat. En spelare som inte tidigare är bekant med Lean och de begrepp som följer med konceptet erhåller en god inblick över hur de olika delarna kan realiseras, detta genom att införandet av Lean ska vara intuitivt och därmed göras av alla spelare oberoende av deras förkunskaper. Däremot så kan det vara lite oklart att det faktiskt går dåligt för försörjningskedjan i det inledande stadiet för att

produktionen tycks flyta på ändå, vilket troligtvis kan göras tydligare av spelledaren för att öka incitamenten för införandet av förändringar. Det gav dock spelarna en förståelse för att även om produktionen inte lider så kan det totala resultatet för företaget fortfarande vara negativt.

Problematiken i produktionen i spelets inledning skulle kunna förtydligas genom en ökad intensitet, exempelvis genom att beställningarna kom frekventare, vilket skulle stärka känslan av att en förändring var nödvändig. För att göra spelet intressant för individer som redan är kunniga inom Lean hade spelet behövt gå djupare i teorin eller på något vis tillföra ny kunskap. Spelet tillför dock en trovärdighet för den kunskap som spelarna i det fallet besitter när det visar hur förändringarna medför positiva effekter för produktionen i spelet.

E.2.3.5 Införandet av underhållsaspekter i Lean-spelet

För att inkludera underhåll i Lean-spelet använder sig Revere AB av ett extra element som gruppen har fått ta del av. Detta är att värmebehandlingsstationen behöver dra ett aktivitetskort varje runda som försämrar kapaciteten för stationen, exempelvis genom att halva batchen förstörs eller att det tar längre tid innan den är färdigbehandlad. Dessa får deltagarna också diskutera och värdera mellan varje runda och varje gång de inför de vanliga förändringarna får de också välja att byta ut två av aktivitetskorten mot blanka kort. De får alltså bedöma effekten som korten har och sedan förklara vilka två de vill ta bort varje runda och vilken typ av underhållsarbete de tror kan eliminera händelserna.

Det är ett enkelt och effektivt sätt att inkludera underhåll i spelet, dock lär det inte ut så mycket underhållsteori. Trots detta får det spelarna att fokusera på underhåll som en viktig del i förbättringsarbetet, vilket antas vara en viktig del i utläringen. Det är ett bra sätt att inkludera underhåll som en del av Lean-spelet men det känns samtidigt som om spelarna behöver vissa förkunskaper om underhåll för att tillgodoses med någon bestående kunskap om vad underhållet kan göra för produktionen.

E.2.2 Underhållssimulering

Spelet är en simulering av ett företag och dess produktion, utvecklat och använt av OEE Consultants. Spelet används i samband med de kurser företaget håller med syfte att fördjupa kunskapen om hur underhåll kan nyttjas för att säkerställa en säker produktion samt visa på effekten av deras beslut.

Den 28 januari var delar av gruppen på Radisson blue och träffade representanter från OEE Consultants, Leo Hagberg och Tomas Henriksson. Mötet var i samband med en kurs de höll i Göteborg och den del av gruppen som var representerade fick en snabb genomgång av spelet innan deltagarna på kursen anlände. Under en förmiddag tilläts representanterna observera hur spelet fungerade vartefter de fick möjlighet att prata med några av deltagarna.

E.2.2.1 Spelförfarande - Underhållssimulering

Spelet spelas i lag om 3-4 personer där varje lag driver ett företag som i spelets inledande skede inte är lönsamt. Det leds av en spelledare som är väl insatt i spelets regler och möjligheter, det är spelledaren som ger deltagarna spelets förutsättningar. Den kunskap om

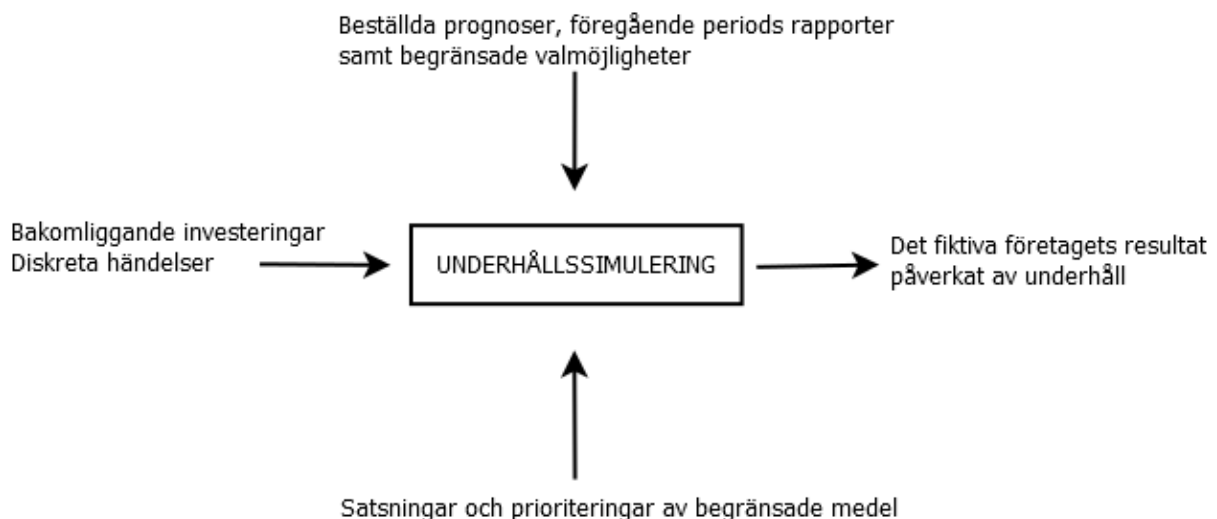
Underhållssimulering som spelledaren besitter möjliggör en anpassning av spelet efter varje specifikt speltillfälle. Den roll som spelledaren symboliserar är företagsledningen medan deltagarna är inkallade experter vars huvudsakliga uppgift är att fatta optimala beslut så att företaget blir så lönsamt som möjligt.

Simuleringen sträcker sig över åtta perioder, vilket ska symbolisera fyra år. Företaget producerar tre olika produkter som alla har individuella flöden. Detta ger deltagarna möjlighet att göra olika investeringar i olika delar av produktionen, vilket ökar komplexiteten. De roller som spelarna har är Ekonomi, Produktion och Underhåll. Rollerna är dock inte specificerade så att deltagarna ska agera och tänka kritiskt på investeringarna utifrån sin faktiska rolls position utan de fungerar mer som en uppgiftsfördelare.

Varje period börjar med att spelarna får räkna fram sitt resultat, att de får information om eventuella störningar samt att de får information om vilka satsningar som är möjliga att genomföra. De kan därefter bestämma hur de vill spendera sina tillgångar, vilket kan göras på förebyggande underhåll, reservdelar, analys & förbättring, operatörsunderhåll, utbildning och uppföljning. Spelarna får lära sig vad underhållet har för direkt betydelse genom att summera direkt underhåll, indirektunderhåll och tappat täckningsbidrag. Det finns en optimal lösning för att ta sig ur den situation som företaget befinner sig i, det är dessa deltagare bör sträva efter. För spelet ska kunna hantera deltagarnas satsningar och ge resultaten av dessa använder sig spelledarna av ett datorprogram, vilket har en färdig algoritm baserat på TAK-värdet, som utvärderar de satsningar deltagarna gör.

E.2.2.2 IDEF0-analysen av Underhållssimulering

De element som är karakteristiska för Underhållssimulering och ger dess förutsättningar har sammanställts i IDEF0-modellen som projektet använder (Figur E.9). Vidare ges en kortare beskrivning över de element som presenteras i figuren.



Figur E.9: IDEF0-analysens resultat för Underhållssimulering

Input: Spelet styrs i huvudsak av en bakomliggande fördefinierad simulering. Denna simulering kompletteras även med hjälp av diskreta händelser, definierade att styra spelet i en viss riktning. Händelserna används även för att ställa deltagarna inför vissa val.

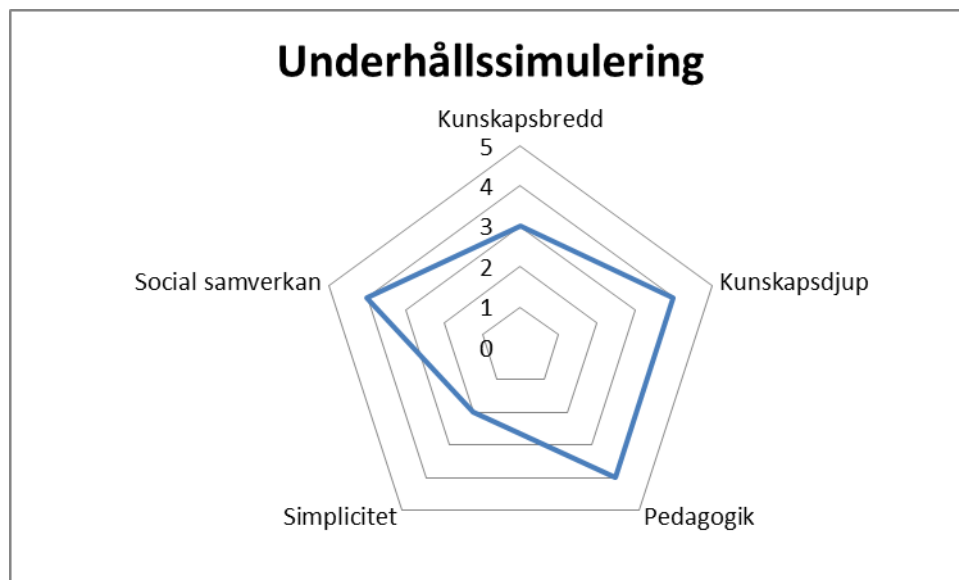
Mechanism: Det spelarna kan göra är att fatta beslut i hur de ska välja att satsa sina begränsade tillgångar. Satsningarna görs inom antingen förebyggande underhåll, reservdelar, analys & förbättring, operatörsunderhåll, utbildning och uppföljning. Satsningarna bestäms gemensamt inom gruppen.

Control: Det som deltagarna kan basera sina beslut på är den data de får från spelledare med framtida prognoser och senaste månadens rapporter. Den spelregel som främst påverkar spelarna är de begränsade tillgångar de hade samtidigt som de var tvingade att göra vissa satsningar varje månad.

Output: Det resultat som det fiktiva företaget uppvisar är det som spelarna strävar efter att maximera. Den främsta resultatvariabeln som används är *underhållets ekonomiska betydelse* (UEB), vilken inkluderar samtliga satsningars möjliga påverkan.

E.2.2.3 Spindeldiagrammet över Underhållssimulering

Underhållssimulering har bedömts utifrån de fem dimensionerna som studien definierat, vilka presenteras i ett spindeldiagram (Figur E.10). Varefter en kortare motivering för de angivna värdena ges.



Figur E.10: Spindeldiagram över Underhållssimulering

I spelet är det många olika mätetal som inkluderas och det eftersträvar att ge spelarna en djupare förståelse för hur arbetet med underhåll påverkar hela verksamheten och dess lönsamhet. Kunskapsbredd har därför givits en trea. Begrepp som TAK-värde och UEB ges stort utrymme och en spelare får en grundlig förståelse för hur de fungerar, vilket bidragit till att kunskapsdjup tilldelats en fyra. Stort fokus hamnar för spelarna på att utföra enklare

beräkningar däremot varvas spelsessionerna med teorigenomgångar, vilket ökar möjligheterna för spelledarna att säkerställa att spelarna lär sig det som avses, varför pedagogiken tilldelats en fyra. Spelet kräver en väl insatt spelledare som kan styra spelet och förstå dess utfall. Beräkningarna i spelet är inte enkla att genomföra och det finns stora möjligheter att göra fel, därav det låga tempot på spelet. Med detta som grund ges simplicitet en tvåa. Deltagarna inom varje företag diskuterade alla beslut och tog dem gemensamt samt att mindre tävlingar hölls mellan spelomgångarna, detta ökade lagkänslan och social samverkan tilldelas därav en fyra.

E.2.2.4 Spelupplevelsen i Underhållssimulering

Spelets olika delmoment startade med en repetition av teori, detta för att förse deltagarna med verktyg så att de kan fatta rationella beslut. Den främsta lärdomen som spelarna torde ha med sig efter spelet är att det är viktigt att undersöka var en satsning bör göras, och när det väl är klargjort är det viktigt att göra en ordentlig satsning för att se resultat. Det visar också att det tar tid innan resultatet av en satsning erhålls, förluster kommer efterfölja de initiala investeringarna. Spelarna fick också god kännedom om mätetalet TAK och UEB genom att spelet visar vilken effekt deras beslut har på dessa.

Spelarna upplevde att de erhöll en gemensam syn på underhåll och en medvetenhet om att underhåll är ett långsiktigt arbete för en organisation. Spelet är redan komplext och anses inte kunna utvecklas mer, snarare kunde vissa moment tas bort som inte kändes lika viktiga. Genom att ta bort dessa skulle spelet inte behöva ta så lång tid. Det var många beräkningar som spelarna själva skulle göra vilket upptog en stor del av tiden och vissa beräkningar hade kunnat uteslutas.

E.2.5 Ölspelet

Ölspelet simulerar en distributionskedja från fabrik via en distributör och en grossist till en återförsäljare. Det har som syfte att lära ut vikten av kommunikation och informationsutbyte inom en försörjningskedja. Det används också för att illustrera hur en kaskadeffekt uppstår då denna effekt oftast inträffar vid spelförfarandet.

Den 18 februari spelade och observerade gruppen när Ölspelet spelades i kursen *Logistik*, TEK125, på Chalmers tekniska högskola. Två av gruppmedlemmarna som inte tidigare spelat Ölspelet var med som deltagare medan de fyra som spelat det i en tidigare kurs var med som observatörer. Observatörerna övervakade spelet och diskuterade med deltagare och spelledare.

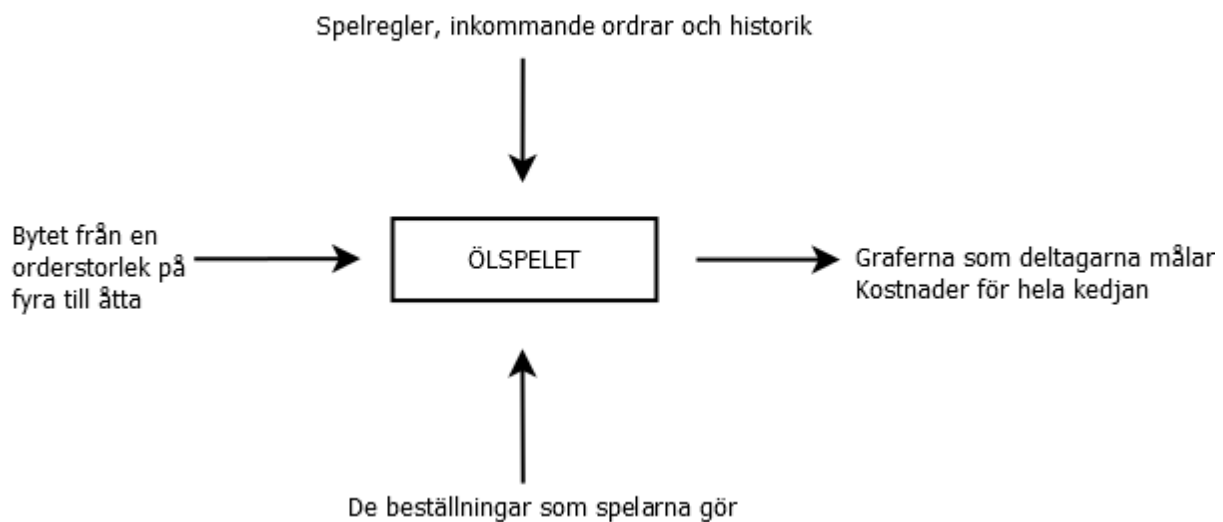
E.2.1.1 Spelförfarande - Ölspelet

Ölspelet spelas i lag där varje lag symboliserar en distributionskedja. Inom varje lag finns olika aktörer, dessa är återförsäljare, grossist, lager och fabrik. Varje lag utser även en medlem i gruppen till spelledare som har, förutom sin roll i spelet, ansvar för att all aktörer tar sina beslut och se till att spelet flyter på. I spelet ska varor transporteras från fabriken till återförsäljaren parallellt med att ordrar skickas från återförsäljaren till fabriken, allt i förbestämda steg. På grund av hur reglerna är konstruerade tar det 4 veckor för en produkt att komma till det egna laget efter att beställningen är lagd, förutsatt att aktören tidigare i kedjan klarar av att leverera.

Spelet är konstruerat så att alla aktörer ska få brist på produkter en bit in i spelet. De två viktigaste reglerna är att aktörerna inte får diskutera med varandra och inte heller kan se varandras beställningar och lagersaldon. De data som aktören har tillgång till, som är grund för beslutsfattandet, är hur mycket den föregående aktören i kedjan önskar beställa via inkommande ordrar, det egna lagersaldot samt historisk data över dessa.

E.2.1.2 IDEF0-analysen av Ölspelet

De element som karakteriserar och ger förutsättningarna för Ölspelet har sammanställts och indelats under respektive element i IDEF0-modellen som projektet använder (Figur E.11). Vidare ges en kortare förklaring till elementen som visualiseras i figuren.



Figur E.11: IDEF0-analysens resultat för Ölspelet

Input: Till en början så får återförsäljaren och alla aktörer förutbestämda ordrar som alla ligger på fyra produkter. Den stora förändring som sker efter de inledande omgångarna är att orden förändras och läggs på en konstant nivå på åtta produkter.

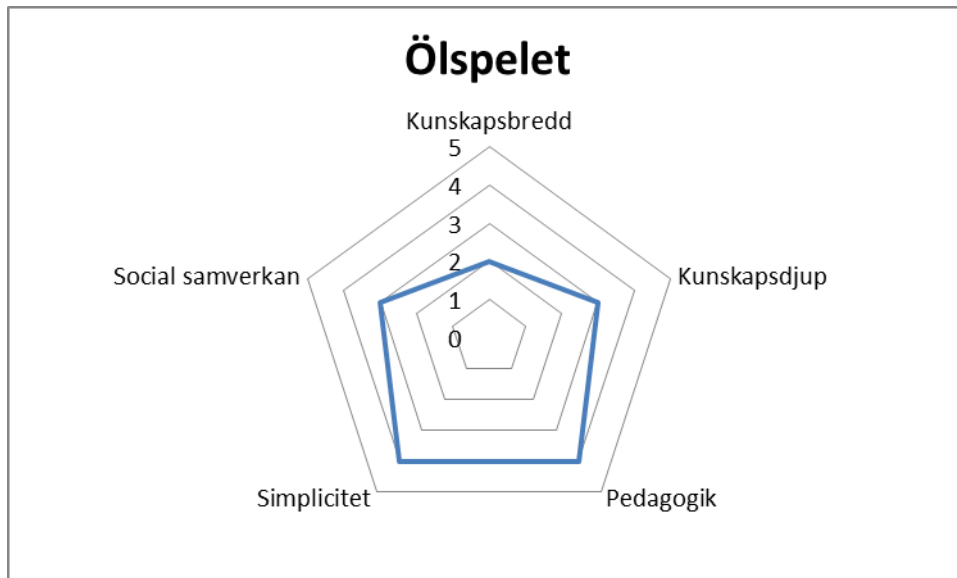
Mechanism: Det spelarna kan göra och deras uppgift under spelet är att beställa varor. Det görs genom att med sin medspelare diskutera hur stor beställning de som aktör önskar lägga och sedan skicka denna vidare.

Control: Det som spelarna kan basera sina beslut på är den inkommande order som de får den veckan och den historik som uppkommer under spelets gång där eventuella trender kan avläsas. En viktig regel som påverkar spelet är att spelarna inte har någon inblick i de andra aktörernas data och inte heller får föra diskussioner med andra aktörer.

Output: Resultatet för spelet erhålls genom de grafer som deltagarna under spelets gång fyller i varje vecka. Dessa kommer efter spelets gång tydligt kunna uppvisa eventuella kaskadeffekter och kan läggas samman för att visa hur försörjningskedjan presterat som helhet jämfört med andra försörjningskedjor.

E.2.1.3 Spindeldiagrammet över Ölspelet

Ölspelet har bedömts utifrån de fem subjektiva dimensionerna som studien definierat och visualiserar i ett spindeldiagram (Figur E.12). Varefter en kortare motivation till de angivna värdena presenteras.



Figur E.12: Spindeldiagram över Ölspelet

Spelet är begränsat till att belysa anledningen till och konsekvenserna av en kaskadeffekt och låta deltagarna reflektera över hur det kan undvikas. Samtidigt illustreras hur påtaglig komplexiteten är i en försörjningskedja. Med denna begränsade kunskap har kunskapsbredden tilldelats en tvåa. Även om spelaren förstår det spelet försöker lära ut är det ett begränsat djup i teorin och spelet ger enbart en grundläggande illustration om dess effekter och enkla lösningar på problemet lärs ut. Därför har kunskapsdjupet tilldelats en trea. Ur en pedagogisk synvinkel är spelet välutvecklat, det visualiserar väl resultatet av en kaskadeffekt för alla spelare. Pedagogik har därför fått en fyra. Spelet har goda instruktioner och även utan några förkunskaper förstås resultatet. Möjligheter för fel innehas då samtliga aktörer på samma spelplan måste genomföra samtliga steg samtidigt. Det är då som spelledarens roll kommer in och om denna inte tar sitt ansvar i spelet finns det stor sannolikhet för att det blir fel i beslutskedjan. Därför har simplicitet fått en fyra. Under spelets gång får deltagarna ingen möjlighet att kommunicera med andra än den individ som de delar roll med. Men inte heller med sin medspelare finns så mycket att diskutera förrän spelet avslutats. Diskussionerna är därför enbart ett kort inslag i slutet av ett långt pass. Därav har den sociala samverkan getts en trea.

E.2.1.4 Spelupplevelsen i Ölspelet

Det som är Ölspelets främsta fördel är att det är konstruerat så att alla garanterat kommer att få brist och därmed uppnås alltid den önskade effekten i viss mån. Att konstruera spelet så att det till en början går dåligt för spelarna kan vara ett användbart knep ur utbildningssynpunkt. Innan spelet startade poängterade spelledaren att spelarna kunde försöka undvika minussaldo så gott de kunde, det var tydligt att det gick bättre för de som lyssnat på detta och som inte blev lika chockade när det inträffade.

De nyckeltal och resultatvariabler som finns i spelet dokumenterar spelarna själva. Den spelare som är ansvarig för dokumentationen upplevdes enklare kunna se samband och dra egna slutsatser över spelet. Ölspelet upplevdes som medryckande och engagerande och många tyckte att de lärde sig mer än väntat.

De enkla och repetitiva momenten i spelet ger spelarna möjlighet att reflektera men leder också på sikt till uttråkning när inga nya moment tillkommer, därför upplevs det lite för långt och utan utmaning i slutet. Med det som utgångspunkt är det naturligt att vilja införa fler variabler för att göra situationen mer komplex, exempelvis genom reklamationer och kvalitetsproblem.

Den främsta lärdomen enligt deltagarna var vikten av en öppen och tydlig kommunikation mellan aktörerna i en försörjningskedja. De individer som analyserade sitt eget resultat förstod att en öppen kommunikation inom kedjan hade förändrat resultatet avsevärt samtidigt som det blev tydligt vilka stora konsekvenser spekulationer kan medföra. Det som spelet ville att deltagarna främst skulle ta med sig var hur viktigt det är att aktörerna inom en distributionskedja har ett gott samarbete och en bra leverantörsrelation.

Bilaga F - Beslut, information och event för vidareutveckling

I bilagan listas en mängd beslut, information samt event som spelet kan inkludera. Denna bilaga är tänkt att fungera som inspiration för vidareutveckling av konceptet.

F.1 Beslut

I Tabell F.1 presenteras förslag på kontinuerliga och diskreta beslut som kan inkluderas i spelet. Förslagen är indelade i generella, som är mer övergripande beslut för verksamheten som helhet, och per maskin, som påverkar produktionens beståndsdelar individuellt.

	Generella	Per maskin
Kontinuerliga	<ul style="list-style-type: none"> • Produktionstakt • Justering av reservdelsresurser • Mängd förebyggande underhåll 	<ul style="list-style-type: none"> • Produktionstakt • Justering av reservdelsresurser • Mängd förebyggande underhåll
Diskreta	<ul style="list-style-type: none"> • Investera i ny underhållsutrustning • Investera i utbildning för operatörer • Införa fler raster för att motivera personalen • Införa operatörsunderhåll • Införa skift för underhållspersonal • Införa natt-/helgskift • Varsla personal • Tillståndsovervakning för hela systemet • Hyra in underhållspecialister • Anställa mer personal • Överlåta underhållsarbetet till extern part 	<ul style="list-style-type: none"> • Investera i nya maskiner, två modeller: en som kräver mer underhåll, men presterar bättre, och en som är dyrare investeringskostnad men kräver mindre underhåll • Modifiera maskiner för att förbättra deras perstanda • Tillståndsovervakning för specifika maskiner

Tabell F.1: Förslag på beslut som kan inkluderas i spelet

F.2 Information

- Information om de enskilda maskinernas kritikalitet
- Systemets output

- Du Pont-diagram över underhållets betydelse för lönsamheten
- LCC per maskin
- LCV per maskin
- Produktionsbortfall på grund av att systemet körs i lägre tempo än det nominella
- Kostnader för reservdelar samt reservdelshållning
- Statistik över svinn och kvalitetsdefekter, både för hela systemet men även per maskin
- Energiförbrukning, samt energiförbrukning kopplad till balanseringsförluster
- OEE, som helhet, men även möjligt nedbrutet i komponenter, både för systemet men även per maskin
- De olika driftsäkerhetsmått
- Felfördelningar för olika maskiner
- FMEA (fel och kvalitetsfel) per maskin
- Information om flaskhalsar i produktion

F.3 Falsk feedback

- Ekonomiansvarig får beröm för att denne lyckats dra ner underhållets budget, vilket är en suboptimal åtgärd, då det istället ger ökade totala kostnader.
- Produktionsansvarig får beröm för att lyckas producera stora mängder under kort tid, vilket är en suboptimal åtgärd, då det kan bidra till bristande kvalitet, haverier och missnöjd personal och därmed öka den totala kostnaden istället.
- Underhållsansvarig får beröm för att ha utfört mycket underhåll på en maskin som egentligen inte är kritisk för produktionen. Det leder då till onödigt höga underhållskostnader.

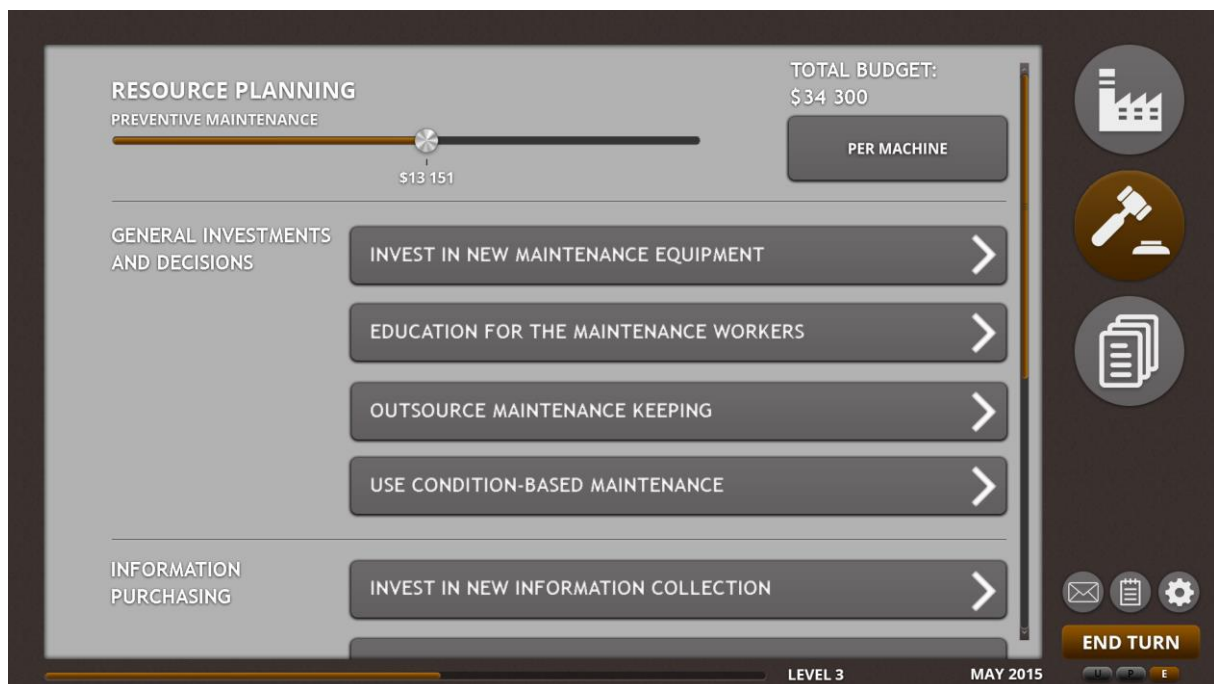
F.4 Event

- Strömavbrott, vilket leder till totalt stopp på produktion.
- Skador på personal på grund av dålig arbetsmiljö eller för hög produktionstakt
- Oljespill, vilket kan leda till miljöpåverkan. Uppkommer från för hög produktionstakt samt dåligt underhåll
- Kvalitetsfel
- Robotar tappar material eller krokar
- Material fastnar på grund av att bandet stannar
- Färgen torkar på pistolmunstycket, vilket leder till förseningar i måleriet och att kulören måste skrotas
- Sjukskrivningar, vilket kan leda till brist på personal och tvingar företaget att anställa temporär personal vilket kan ge upphov till kvalitetsfel och höjda kostnader
- Förseningar från leverantörer, vilket kan leda till produktionsstopp av en viss produkttyp
- Inbrott och skadegörelse
- Strejk på grund av dåliga arbetsförhållanden

Bilaga G - Användargränssnittet

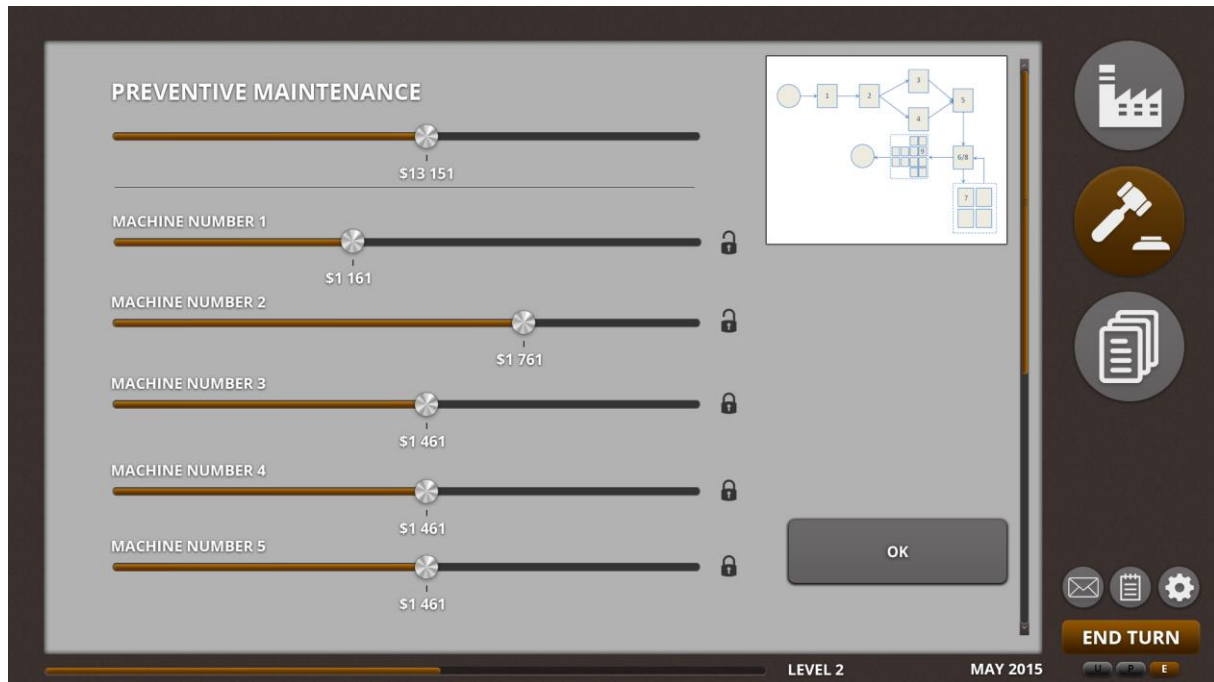
Bilagan presenterar ett förslag till användargränssnittet för spelet. Fyra stycken skärmdumpar över förslaget visas och diskuteras.

Första bilden som presenteras är över besluts-vyn (Figur G.1). I detta fall har spelaren underhålls-rollen och är nu i nivå 3. Spelaren har en budget på \$34 300 och ska distribuera denna. Den resursbudgetering som kan göras är för förebyggande underhåll, vilken spelaren budgeterat \$13 151 för den kommande rundan. Den resterande summan kan sedan väljas att investeras i de diskreta besluten eller investeringarna samt inom informationsinvestering. Genom att klicka på något av besluten får spelaren mer information om beslutet, exempelvis förutspådda följder och kostnader. Under denna nivå skulle även till exempel reservdelsbudget kunna läggas. I figuren visas även att besluts-vyn är aktiv, då denna knapp i menyn är grafiskt markerad med en annan färg, samt att spelaren med ekonomi-rollen är färdig med sin runda, vilket markeras på samma sätt.



Figur G.1: Besluts-vyn för underhålls-rollen under nivå tre.

Om spelaren önskar distribuera det förebyggande underhållet per maskin görs detta om spelaren klickar på "PER MACHINE", bredvid reglaget för förebyggande underhåll. Då öppnas vyn för distribuering per maskin (Figur G.2). Här kan spelaren via reglagen justera mängd förebyggande underhåll per maskin. Spelaren har möjlighet att låsa ett maskinspecifikt reglage så detta inte påverkas då spelaren justerar ett annat maskinspecifikt reglage. Om reglaget är låst eller inte illustreras av hänglåset vid sidan av reglaget. Det är även på låset spelaren klickar om denna önskar låsa eller låsa upp reglaget. För att spelaren inte ska glömma vilken maskin som motsvarar vilket maskinnummer visas det numrerade flödet uppe i högra hörnet.



Figur G.2: Besluts-vyn för fördelning av förebyggande underhåll per maskin under nivå två.

I Figur G.3 visas ekonomi-rollens informationsvy under nivå ett. I detta skede av spelet har spelaren endast tillgång till en typ av information, vilket är förra månadens resultaträkning, med endast enkla poster.

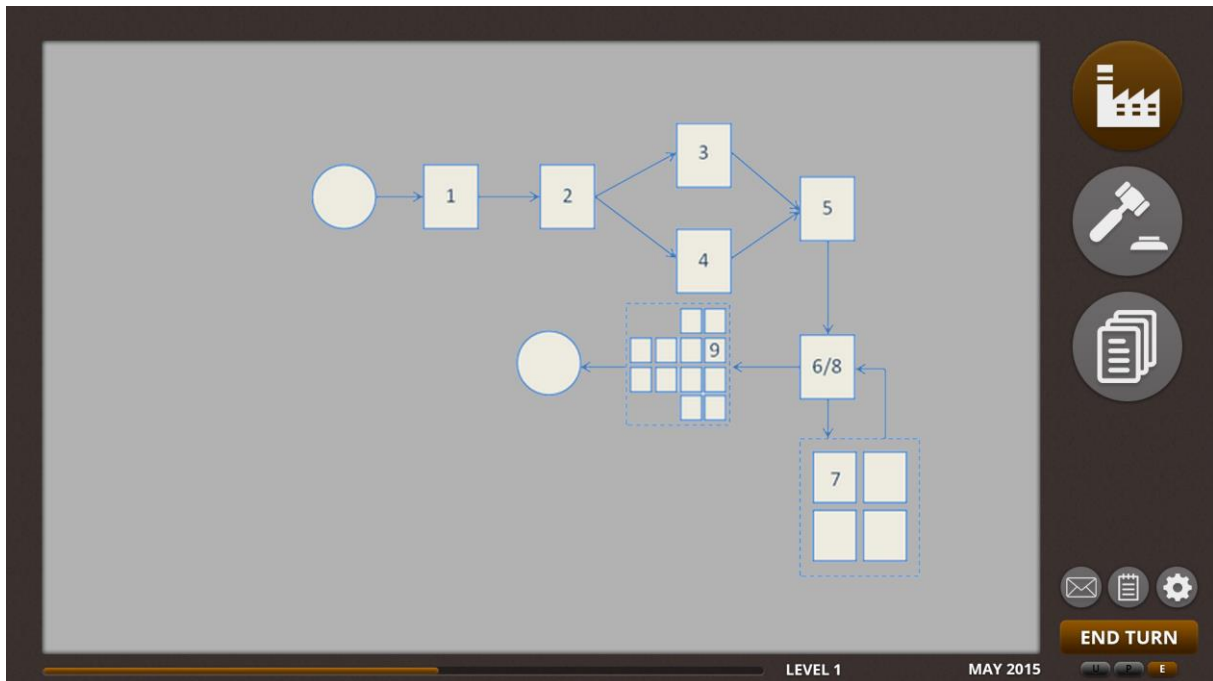


Figur G.3: Ekonomirollens informations-vy under nivå ett.

I spelet finns även möjlighet att få en överblick över fabriken flöde (Figur G.4). Pilar markerar tydligt hur komponenterna och produkterna färdas i fabriken. Maskinerna är numrerade för att spelaren lätt ska kunna förstå vilken maskin som menas när spelaren tar

beslut eller efterfrågar information kring en specifik maskin. Flödet ska kompletteras med en visualisering över vilken typ av maskin varje kvadrat innebär samt med visuell feedback.

Spelarna har möjlighet att klicka på varje specifik maskin för att få mer information om maskinen, och då kommer en dialogruta bredvid maskinen dyka upp med information. Om informationen är alldeles för omfattande för dialogrutan kan spelaren istället flyttas till informations-vyn med den efterfrågade informationen.



Figur G.4: Produktions-vyn, vilken visar fabriken flöde.

Utveckling av ett pedagogiskt spel för undervisning inom underhåll

© SARA K. LINGEGÅRD, MAX A.E. MODIG, NATALIE C. NYBERT,
PATRIK M. OLSSON, CAMILO C. RAMIREZ, KASPER U. THIM, 2015.

Institutionen för produkt- och produktionsutveckling
Avdelningen för Produktionssystem
Chalmers tekniska högskola