

Modernisering av underhållssystem

Sami Kautiainen

Examensarbete för ingenjörsexamen (YH)

Maskin- och produktionsteknik

Vasa 2024

EXAMENSARBETE

Författare: Sami Kautiainen
Utbildning och ort: Maskin- och produktionsteknik, Vasa
Inriktning: Maskinkonstruktion
Handledare: Tobias Ekfors, Kari Kivijärvi

Titel: Modernisering av underhållssystem

Datum: 8.4.2024

Sidantal: 56

Abstrakt

Detta examensarbete är utfört åt Welas Oy Ltd i Vasa, Finland. Welas är ett småskaligt företag inom metallindustrin specialiserad på finmekanisk lasersbearbetning. Welas gör även bockning, slipning, beläggning och mikrovattenskarvning. I huvudsak designar och implementerar företaget hål och spår av olika slag för småskaliga precisionsdetaljer.

Beslutet att modernisera underhållssystemet vid Welas togs i samband med nyinvesteringar i maskiner och auditioner av kvalitetssystem. Behoven av projektet framkom speciellt tydligt vid auditionerna där både det dåvarande underhållssystemet och sättet som underhållsinformationen hanterades fick kritik.

Examensarbetets syfte var att modernisera företagets underhållssystem och förbättra underhållsverksamheten genom att anskaffa ett datorbaserat underhållssystem, CMMS. Anskaffningsprocessen omfattade uppgörande av en kravspecifikation, möten med leverantörer samt prövande av ett stort antal demoversioner. Implementeringsprocessen av underhållssystemet omfattade skapande av ett maskinregister och självständigt upprepande rutiner för förebyggande underhåll. Också befintlig underhålls- och felhistorik överfördes till det anskaffade systemet.

Examensarbetet avslutas med en jämförelse över syfte och resultat, förslag till vidareutveckling, och reflektioner kring vad som lyckades bra och mindre bra under projektet. Till sist diskuteras de lärdomar som uppstod under projektets gång.

Språk: Svenska

Nyckelord: underhållssystem, CMMS, förebyggande underhåll

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Sami Kautiainen
Koulutus ja paikkakunta: Kone- ja tuotantotekniikka, Vaasa
Suuntautumisvaihtoehto: Konesuunnittelu
Ohjaajat: Tobias Ekfors, Kari Kivijärvi

Nimike: Kunnossapitojärjestelmän modernisointi

Päivämäärä: 8.4.2024

Sivumäärä: 56

Tiivistelmä

Tämä opinnäytetyö tehtiin yritykselle Welas Oy Ltd:lle Vaasassa. Welas on hienomekaaniseen lasertyöstöön erikoistunut pienimuotoinen metalliteollisuuden yritys. Welas on myös erikoistunut taivutukseen, hiontaan, pinnoitukseen ja mikrovesileikkauseen. Welas suunnittelee ja toteuttaa pääasiassa erilaisia reikiä ja uria pienikokoisiin tarkkuusosiin.

Welasin kunnossapitojärjestelmän nykyaikaistamista koskeva päätös tehtiin uusien koneinvestointien ja laatujärjestelmän auditointien yhteydessä. Hankkeen tarpeet tulivat erityisen selviksi auditoinneissa, joissa kritisoitiin sekä silloista kunnossapitojärjestelmää että tapaa, jolla kunnossapitotietoja käsiteltiin.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli nykyaikaistaa yrityksen kunnossapitojärjestelmää sekä myös parantaa käytännön kunnossapitotoimintaa hankkimalla tietokonepohjainen kunnossapitojärjestelmä, CMMS. Hankintaprosessiin kuului vaatimusmäärittelyn laatiminen, kokoukset toimittajien kanssa ja lukuisten demoversioiden testaaminen. Kunnossapitojärjestelmän käyttöönottoprosessiin kuului kone- ja laiterekisterin sekä itsenäisesti toistuvien ennakkohuoltorutiinien luominen. Myös olemassa oleva huolto- ja vikahistoria siirrettiin hankittuun järjestelmään.

Opinnäytetyön lopuksi vertaillaan projektin tarkoitusta ja tuloksia, esitetään jatkokehitysehdotuksia ja pohditaan, mikä projektissa onnistui hyvin ja missä voisi olla parantamisen varaa. Lopuksi pohditaan myös hankkeen aikana saatuja taitoja ja kokemuksia.

Kieli: Ruotsi

Avainsanat: kunnossapitojärjestelmä, CMMS, ennakoiva kunnossapito,

BACHELOR'S THESIS

Author: Sami Kautiainen
Degree Programme: Mechanical and Production Engineering, Vaasa
Specialisation: Machine construction
Supervisors: Tobias Ekfors, Kari Kivijärvi

Title: Modernization of a maintenance system

Date: 8.4.2024

Number of pages: 56

Abstract

This thesis was carried out for Welas Oy Ltd in Vaasa, Finland. Welas is a small-scale company in the metal industry specialized in fine mechanical laser processing. Welas also does bending, grinding, coating and micro water cutting. Essentially, the company designs and implements holes and slots of various types for small-scale precision parts.

The decision to modernize the maintenance system at Welas was taken due to new investments in machinery and feedback from quality system audits. The needs of the project became especially clear during the audits where both the then-existing maintenance system and the way the maintenance information was handled were criticized.

The purpose of the thesis was to modernize the company's maintenance system and improve maintenance operations by acquiring a computer-based maintenance system, CMMS. The procurement process included the preparation of a specification of requirements for the system, meetings with suppliers and the testing of numerous demo versions. The implementation process of the maintenance system included the creation of the asset registry and self-repeating work orders for preventive maintenance. Existing maintenance and machine fault history was also transferred to the acquired system.

The thesis concludes with a comparison of purpose and results, suggestions for further development, and reflections on what was successful during the project and what could be improved upon. Finally, the lessons learned during the project are discussed.

Language: Swedish

Key words: maintenance management system, CMMS, preventive maintenance

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Bakgrund.....	1
1.2	Syfte.....	2
1.3	Mål.....	2
1.4	Avgränsningar.....	2
1.5	Företagsbeskrivning.....	3
1.6	Disposition.....	4
2	Teori.....	5
2.1	Underhållsteori.....	5
2.1.1	Industriunderhållets uppdelning.....	5
2.1.2	Avsikter och fördelar med underhållsverksamhet.....	6
2.1.3	Driftsäkerhet.....	7
2.1.4	Förebyggande underhåll.....	10
2.1.5	Avhjälpande underhåll.....	15
2.1.6	Reservdelsstyrning.....	17
2.1.7	Förbättringsarbete.....	20
2.2	Informationshantering och underhållssystem.....	22
2.2.1	Informationshantering i industrin.....	22
2.2.2	Underhållssystem och dess huvudfunktioner.....	23
2.2.3	Anläggningsuppgifter.....	24
2.2.4	Modulen för förebyggande underhåll.....	24
2.2.5	Arbetsorderhantering.....	25
2.2.6	Materialhantering – Förråd och inköp.....	26
2.2.7	Uppföljning.....	27
2.2.8	Anskaffning av CMMS.....	27
2.3	Laserbearbetning.....	30
2.3.1	Allmänt om laserbearbetning.....	30
2.3.2	Laserns funktionsprincip.....	31
2.3.3	Laserbearbetningsmaskinernas uppbyggnad.....	31
2.3.4	Lasertyper.....	32
2.3.5	Laserbearbetningsstationer.....	32
2.3.6	Laserkylare.....	34
2.3.7	Underhåll av laserbearbetningsmaskiner.....	34
2.3.8	Vanliga underhållsåtgärder för laserbearbetningsmaskiner.....	35
2.4	Kantpressning.....	37
2.4.1	Kantpressens funktionsprincip.....	37

2.4.2	Underhåll av kantpressar	38
3	Metodik	41
3.1	Projektets inledande.....	41
3.2	Utformande av kravspecifikation	41
3.3	Val av underhållssystem	42
3.4	Implementering av underhållssystemet.....	43
4	Resultat	44
4.1	Kraven för underhållssystemet.....	44
4.2	Kravspecifikationen.....	46
4.3	Underhållssystemet	48
4.4	Underhållets uppbyggnad i systemet	50
5	Diskussion	54
5.1	Projektets genomförande och resultat.....	54
5.2	Förslag till vidareutveckling.....	55
5.3	Slutord.....	55
6	Källförteckning.....	56

Figurförteckning

<i>Figur 1. Finmekaniska komponenter tillverkade av Welas.</i>	3
<i>Figur 2. Uppdelning av industriunderhåll. (Hagberg & Henriksson, 2018, s. 368)</i>	6
<i>Figur 3. Uppdelning av operativ prestation. (Hagberg & Henriksson, 2018, s. 46)</i>	7
<i>Figur 4. Uppdelning av driftsäkerhet/tillgänglighet. (Hagberg & Henriksson, 2018, s. 59)</i>	8
<i>Figur 5. Felfördelningens betydelse för val av underhållsmetod. (Hagberg & Henriksson, 2018, s. 375)</i>	12
<i>Figur 7. Indelning av arbetsstationer baserat på rörelsemetod. (Kujanpää;Salminen;& Vihinen, 2005, s. 93)</i>	33
<i>Figur 8. Kantpress med dyna (1) och stans (2). (Manufacturing Guide, ei pvm)</i>	38
<i>Figur 9. Fliken för maskin- och anläggningsregistret.</i>	46
<i>Figur 10. Instruktioner för leverantörer.</i>	47
<i>Figur 11. Tabeller i fliken "övriga krav".</i>	47
<i>Figur 12. Startsidan av underhållssystemet.</i>	48
<i>Figur 13. Maskinregistret.</i>	49
<i>Figur 14. Exempelflik för en maskin.</i>	50
<i>Figur 15. Infofliken för mekaniken av en laserbearbetningsmaskin.</i>	51
<i>Figur 16. Underhållskalender och självständigt uppreparande FU-rutiner för en maskin.</i>	52
<i>Figur 17. Underhållshistoriken för en maskin.</i>	52
<i>Figur 18. Fel- och reparationshistorik för en maskin.</i>	53

1 Inledning

Underhållets stora inverkan på säkerhet, miljö och totalekonomi har under de senaste åren inom industrin blivit allt tydligare. Underhållsverksamhet i världsklass är en förutsättning för att skapa en produktion i världsklass (WCM -World Class Manufacturing), vilket allt fler företag i dagsläget har börjat sträva till. Att skapa en produktion i världsklass är nödvändigt för att konkurrera på den allt hårdare världsmarknaden, vilket betyder att ett konkurrenskraftigt företag måste investera alltmer resurser i att optimera underhållsverksamheten. (Hagberg & Henriksson, 2018, s. 12).

1.1 Bakgrund

Under den senaste tiden har behovet av ett modernt underhållssystem uppmärksammats vid företaget Welas Oy Ltd i Vasa. Behovet har speciellt kommit fram i samband med nyinvesteringar i maskiner och vid auditioner av kvalitetssystem, eftersom det föråldrade underhållssystemet och sättet som underhållsinformation hanteras i företaget har kritiserats under auditionerna. Även den praktiska verksamheten har bevisat att det befintliga sättet att hantera information gällande underhåll inte längre uppfyller företagets krav och behöver förbättras genom tydligare och automatiserade rutiner för förebyggande underhåll, FU-rutiner, och noggrannare hantering av underhålls- och felhistorik med hjälp av ett modernt datorbaserat underhållssystem, CMMS.

För tillfället sparas alla underhållsrutiner och -instruktioner, reparationsåtgärder och felhistorik i Excel. Excel-filerna finns sparade i olika mappar på en dator i produktionsutrymmet. Detta är problematiskt eftersom informationen är svår överskådlig, utspridd på flera ställen och otydligt namngett. Det är svårt att hålla reda på kommande FU-åtgärder, eftersom det inte finns någon överskådlig underhållskalender, utan varje kommande åtgärd måste manuellt kontrolleras genom att öppna mapparna enskilt för varje maskin. Det är också omöjligt att få tillgång till informationen utan att vara på plats, eftersom informationen inte finns sparad i molnet.

1.2 Syfte

Syftet för detta examensarbete var att modernisera underhållssystemet och förbättra informationshanteringen gällande underhållet vid företaget Welas Oy Ltd genom att anskaffa och implementera ett datorbaserat underhållssystem, CMMS.

Syftet var också att förbättra den praktiska underhållsverksamheten genom att schemalägga FU-åtgärderna och på detta sätt säkerställa att åtgärderna dokumenteras ordentligt och görs i tid.

1.3 Mål

Huvudmålet för detta examensarbete var att tillsammans med företagsledningen välja ut ett lämpligt CMMS, Computerized Maintenance Management System genom att göra upp en kravspecifikation. Till huvudmålet hörde även att implementera det nya underhållssystemet genom att skapa en självständigt upprepande underhållskalender för förebyggande underhåll av de befintliga förebyggande underhållsplanerna samt överföring av all befintlig underhålls-, fels och reparationshistorik till det nya underhållssystemet.

1.4 Avgränsningar

Arbetet avgränsades till att omfatta ansvaret för anskaffning av ett datorbaserat underhållssystem, CMMS, enligt företagets önskemål och behov. Till arbetet hörde även att överföra underhållshistorik till det nya underhållssystemet samt skapande av automatiskt upprepande rutiner för förebyggande underhåll.

Mitt personliga ansvar omfattade:

- Kartlägga vilka funktioner det nya datorbaserade underhållssystemet, CMMS, bör innehålla.
- Göra upp en tydlig kravspecifikation i elektronisk form.
- Fråga offerter av leverantörer med hjälp av kravspecifikationen.
- Utgående från leverantörernas bud välja ett lämpligt underhållssystem.

- Implementera det nya underhållssystemet genom att överföra tidigare FU-rutiner, samt underhålls-, fels, och reparationshistorik till det anskaffade systemet.
- Göra de befintliga FU-rutinerna självständigt upprepande i underhållssystemet.

1.5 Företagsbeskrivning

Företaget Welas Oy Ltd grundades år 2009 och påbörjade sin verksamhet i maj samma år. Welas är ett underleverantörsföretag specialiserad på finmekanisk lasersbearbetning grundat av Livio De Cet, Pekka Mikkonen och Kari Kivijärvi. Welas designar och implementerar täta perforeringar, spår, öppningar och speciella former för finmekaniska precisionsdetaljer genom mikrolaserbearbetning, laserskärning, lasersvetsning, laserborrning och lasermärkning. Welas gör även bockning, slipning och beläggning samt mikrovattenskarvning av värmekänsliga material. Welas har också utvecklad en segmenterad färgkniv, som kan användas inom den grafiska industrin i offset-tryckpressar.

Företaget har ett mångsidigt nätverk av samarbetspartners och underleverantörer. Produktionskapaciteten uppgörs av fyra laserbearbetningsmaskiner, en bockningsmaskin, en punktsvetsmaskin, en ultraljudsrengöringsmaskin samt ett antal sandblåstringskabinetter.



Figur 1. Finmekaniska komponenter tillverkade av Welas. (Welas Oy Ltd, u.d.).

För året 2022 uppgick företagets omsättning till ungefär 1 miljon. I skrivande stund har företaget en personalstyrka bestående av sju heltidsanställda personer samt ytterligare tre

personer som bidrar till företagets verksamhet. Företaget verkar i en hyrd lokal som sträcker sig över 515 kvadratmeter beläget i industriområdet Strömberg Park, Vasa.

Av företagets produktion går cirka 40 % till den inhemska marknaden, medan de resterande 60 % distribueras internationellt till kunder i exempelvis Norden, Europa och USA. Welas Oy Ltd strävar efter att kontinuerligt leverera högkvalitativa lösningar och etablera sig som en nyckelspelare inom finmekanisk lasersbearbetning.

1.6 Disposition

I denna del av examensarbetet ges en kort förklaring över kapitlens innehåll. I slutet av arbetet finns också en källförteckning.

- Kapitel 1 är inledningskapitlet för examensarbetet. Kapitlet beskriver arbetets bakgrund, syfte, mål och avgränsningar. I slutet av kapitlet finns även en kort beskrivning av företaget Welas Oy Ltd.
- Kapitel 2 presenterar den teori som krävs för att utföra examensarbetet. Kapitlet ger en grundlig teoretisk förklaring om underhållsteknik samt informationshantering gällande underhåll. I slutet av kapitlet presenteras även principen för laserbearbetning och kantpressning samt vanliga underhållsåtgärder för maskiner i fråga.
- Kapitel 3 presenterar projektets genomförande. Kapitlet visar hur processen för uppgörande av kravspecifikationen gick till, hur underhållssystemet valdes samt underhållssystemet implementerades i företaget.
- Kapitel 4 presenterar arbetets resultat. I detta kapitel presenteras underhållssystemet med dess huvudfunktioner och underhållets uppbyggnad i systemet.
- Kapitel 5 är det sista kapitlet i examensarbetet. I detta kapitel reflekteras det uppnådda resultatet med arbetets syfte, hur väl projektet lyckades, vad som gick bra, vad som inte gick så bra, vad som kunde ha gjorts annorlunda samt vidare utvecklingsförslag och lärdomar.

2 Teori

I detta kapitel presenteras teorin som krävs för att utföra examensarbetet. I det första underkapitlet ges en grundläggande förklaring till underhållsteori, dess delområden och uppdelningar. Därefter förklaras hur underhållsinformation hanteras i CMMS, uppbyggnaden och grundläggande funktioner för ett CMMS samt vad som bör beaktas vid anskaffning av ett kompetent CMMS. I slutet av kapitlet presenteras även funktionsprincipen samt vanliga underhållsrutiner för den typ av maskiner som examensarbetet omfattar.

2.1 Underhållsteori

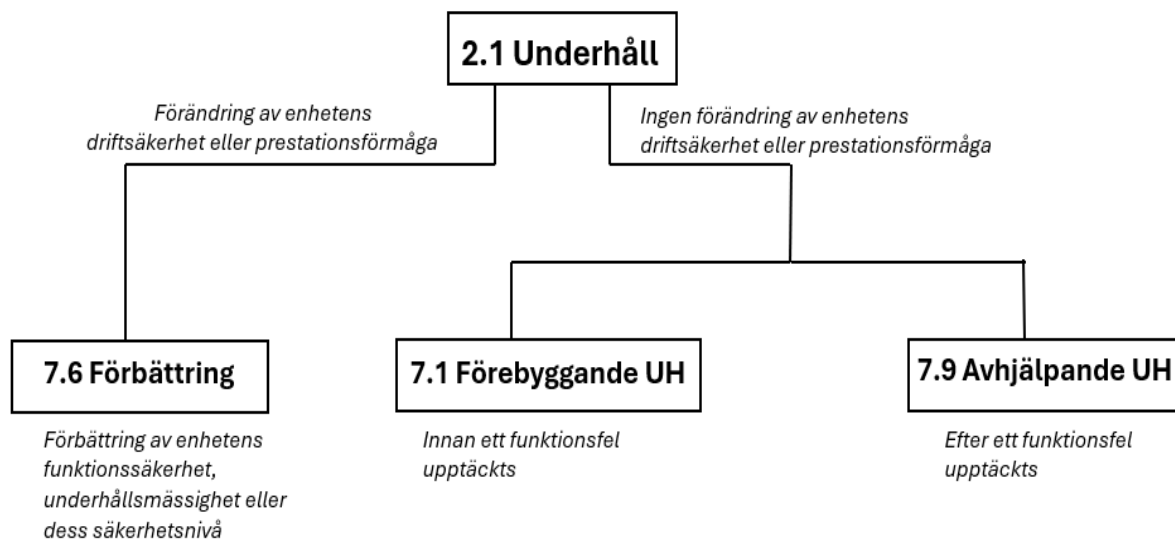
Detta kapitel handlar om underhållsteknik. I kapitlet förklaras definitionen för industriunderhåll, varför underhållsverksamhet behövs, olika typer av underhåll samt driftsäkerhet, reservdelsstyrning och förbättringsarbete som också är mycket viktiga begrepp inom underhållsteknik.

2.1.1 Industriunderhållets uppdelning

Definitionen av underhåll förklaras enligt SS-EN 133 06 på följande sätt:

”Kombination av alla tekniska, organisatoriska och ledningens åtgärder under en enhets livstid avsedd att vidmakthålla den i, eller återställa den till, ett sådant tillstånd att den kan utföra krävd funktion.” (Möller & Jürgen, 2006, s. 13).

Fastän definitionen ovan kan verka relativt enkel är underhåll i verkligheten ett mycket omfattande begrepp. Begreppet uppdelas på flera olika sätt beroende på vilken standard det är frågan om. Standarden SS-EN 13306:2017 uppdelar underhållsverksamheten i tre typer av underhållsinsatser; förbättringsarbete, förebyggande underhåll och avhjälpande underhåll enligt den nedanstående figuren. Dessa tre delområden av underhåll förklaras närmare längre fram i kapitel 2. (Hagberg & Henriksson, 2018, s. 368).



Figur 2. Uppdelning av industriunderhåll. (Hagberg & Henriksson, 2018, s. 368).

2.1.2 Avsikter och fördelar med underhållsverksamhet

Det finns många fördelar med att utföra underhållsverksamhet. De tre huvudområden där en fungerande underhållsverksamhet skapar resultat är:

- **Produktionsförmåga och ekonomi**
- **Anläggningsstatus, miljö och säkerhet**
- **Samverkan och utfästelser**, vilket kan sammanfattas till samverkan mellan underhållet och andra avdelningar inom företaget. (Hagberg & Henriksson, 2018, s. 17).

Underhållsverksamhet anses ofta vara krävande och dyrt. I stället borde det ses som en positiv investering med många fördelar som ger mångdubbelt tillbaka om arbetet görs på rätt sätt. Vad gäller produktionsförmåga och ekonomi kan ett väl optimerat underhåll minska behovet av övertid för personalen och kassationer genom att förbättra produktionsförmågan och produkternas kvalitet. Detta kan bidra till ökade intäkter i form av flera sålda varor och prishöjningar av varor eller tjänster. Dessutom kan livslängderna på investerat kapital öka genom att maskiner, anläggningar och byggnader underhålls på ett effektivare sätt och därmed fungerar felfritt en längre tid. Ett av de viktigaste målen för underhåll är också att säkerställa en god tillgänglighet eller driftsäkerhetsprestation för

olika funktionella enheter som till exempel maskiner. Begreppet driftsäkerhet behandlas noggrannare i kapitel 2.1.3.

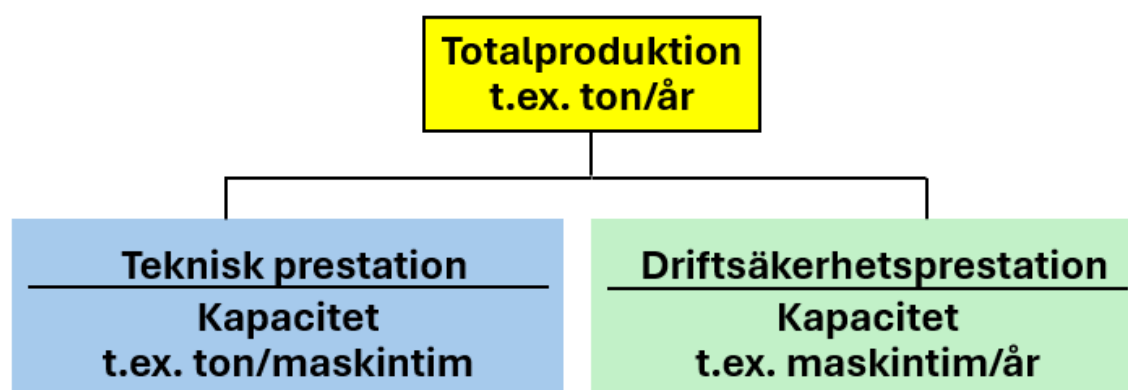
Den kanske viktigaste avsikten med underhållsverksamhet är att skapa en hög anläggningsstatus. Fokuset bakom detta är att minimera risken för olyckor and andra oönskade händelser som kan skada anläggningen eller dess utrustning och leda till miljörisker eller säkerhetsrisker för personer. Speciellt personsäkerheten är oerhört viktig och borde alltid vara den första prioriteringen. En sämre anläggningsstatus leder också till att underhållskostnaderna stiger i snabbare takt och produktionsförmågan försämras på grund av att allt fler fel uppstår. (Hagberg & Henriksson, 2018, ss. 30-31).

2.1.3 Driftsäkerhet

Inom underhållsteori kommer ganska snabbt begreppet driftsäkerhet upp. Definitionen för driftsäkerhet är följande om den översätts till svenska från engelska ur standarden SS-EN 13306:2017:

”Förmåga hos en enhet att kunna utföra krävd funktion under krävd tid och angivna betingelser, förutsatt att erforderliga stödfunktioner finns tillgängliga”.

Driftsäkerhetsprestationen bildar tillsammans med tekniska prestationen den operativa prestationen för en maskin, funktionell del eller något annat liknande system enligt figur 2.

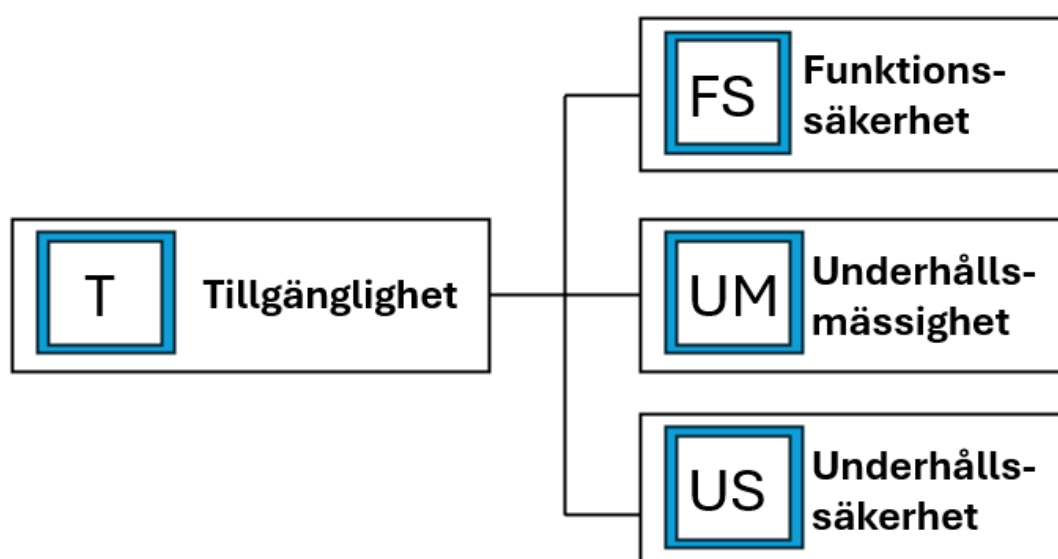


Figur 3. Uppdelning av operativ prestation. (Hagberg & Henriksson, 2018, s. 46).

I det här fallet mäts operativ prestation i totalproduktion. Med teknisk prestation mäts kapacitet exempelvis i form av ton/maskintimmar. Driftsäkerheten kan ses som ett mått på tillgänglighet och ett vanligt måttetal för driftsäkerhet eller tillgänglighet är

maskintimmar/tidsenhet men driftsäkerhetskrav kan också fastställas som ett procentuellt värde av den totala produktionstiden.

Driftsäkerheten är en mycket viktig faktor inom produktionen i ett företag och desto bättre driftsäkerheten är desto bättre är även utrustningens förmåga att utföra den önskade funktionen. Kraven på driftsäkerhet fortsätter hela tiden att stiga på grund av allt högre kvalitetskrav, krav om högre leveransförmåga och krav på minskad miljöpåverkan för att nämna några faktorer. Detta betyder att ett system måste även fungera på rätt sätt för att betraktas som tillgängligt, det räcker inte om systemet fungerar bara delvis. Driftsäkerhet kallas i vissa fall även tillgänglighet och brukar delas in i tre delområden enligt figur 3.



Figur 4. Uppdelning av driftsäkerhet/tillgänglighet. (Hagberg & Henriksson, 2018, s. 59).

Funktionssäkerhet beskriver kort sagt enhetens förmåga att fungera utan fel. Definitionen enligt SS 13306 för funktionssäkerhet är:

”Förmåga hos en enhet att kunna utföra krävd funktion under givna förhållanden under ett angivet tidsintervall”.

Funktionssäkerhet mäts genom att observera tider tills fel uppstår. Vanliga mätetal är:

- MTTF = Mean Time to Failure
- MOTBF = Mean Operating Time Between Failures
- MTBF = Mean Time Between Failure

Faktorer som påverkar funktionssäkerhet är systemets konstruktion, reservkapacitet, underhållsintensitet och operatörens förmåga använda systemet på korrekt sätt. Av dessa har **konstruktion** den största betydelsen. Konstruktionsprincipen, dimensionering och val av material är avgörande faktorer. **Reservkapaciteten** kan ses som ett reservsystem med parallella delfunktioner till huvudfunktionerna. Reservsystemet tar över ifall huvudsystemet skulle få något fel och sluta fungera. Vid underhåll skall fokuset vara att förbättra mätetalen för funktionssäkerhet, exempelvis MTTF. Operatören bör vara välutbildad och uppmärksamma felindikatorer i god tid innan de ställer till med störningar och i värsta fall produktionsstopp.

Underhållsmässighet beskriver hur väl det tekniska systemet i fråga är anpassat till underhållssystemet. Definitionen enligt SS 13306 lyder så här:

”Förmåga hos en enhet, som används enligt angivna betingelser, att vidmakthållas i, eller återställas till ett sådant tillstånd att den kan utföra krävd funktion, när underhållet utförs under angivna betingelser och under användning av fastställda förfaringsätt och resurser”.

God underhållsmässighet leder till effektivare underhåll och kortare underhållstider. Det vanligaste mätetalet är MRT = Mean Repair Time. Faktorer som påverkar underhållsmässighet är felupptäckbarhet, försörjbarhet och reparerbarhet. **Felupptäckbarhet** utgör ofta en stor del av stopptiden och bör därför göras så effektivt som möjligt både ur teknisk och ekonomisk synvinkel. **Försörjbarhet** innebär att effektivera reparationsarbetet genom att standardisera arbetet och minska på antalet onödiga tekniska lösningar som behövs för att utföra arbetet. **Reparerbarhet** har som fokus att underlätta reparationsarbetet genom att säkerställa att systemet som ska repareras är lättåtkomligt och arbetsmiljön för reparationsarbetet är prydlig och i bra skick. För att säkerställa effektivt arbete är det också viktigt att ha standardiserad utrusning och standardiserade installationer.

Underhållssäkerhet mäter underhållsorganisationens förmåga att delegera resurser till underhåll. Kostnaden av underhållssäkerhet beror på underhållsmässigheten och funktionssäkerheten av underhållsobjektet. Vanligaste mätetalet är MWT = Mean Waiting Time. Definitionen ser ut så här enligt SS 13306:

”Förmåga hos underhållsorganisationen att tillhandahålla de rätta underhållsresurserna på erforderlig plats, för att utföra krävda underhållsåtgärder på en enhet, vid en angiven tidpunkt eller under ett angivet tidsintervall”.

De faktorer som påverkar underhållssäkerheten är:

- UH-personal och -möjligheter
- Reparationsutrustning och -möjligheter
- Reservmaterial
- Tekniska data

Underhållspersonalens möjligheter i form av geografiska placering och hur kunskapen är spridd mellan personal är faktorer som påverkar inställetiden. Inställetiden är en viktig faktor att ta i beaktande, eftersom den naturligtvis är en del av stopptiden. **Reparationsutrustning och -möjligheter** spelar också en stor roll för att snabbt få maskiner tillbaka i bruk så att stopptidernas längd kan minimeras. Brist på **reservmaterial** kan leda till ytterligare fördröjningar, eftersom materialet måste i vissa fall levereras innan några underhållsåtgärder kan göras. **Tekniska data** i form av ritningar, kopplingscheman och instruktioner av olika slag är väsentliga för att utföra underhållsarbetet på ett effektivt sätt. (Hagberg & Henriksson, 2018, ss. 45-64).

2.1.4 Förebyggande underhåll

Förebyggande underhåll är en av de mest omfattande underhållsprocesserna. Dessutom är det en väsentlig del av detta examensarbete och kommer därför behandlas ganska omfattande jämfört med andra delar av underhållsteorin i arbetet.

Till förebyggande underhåll hör alla underhållsåtgärder som görs innan ett funktionsfel upptäckts. Definitionen enligt SS-EN 13306:2017 översatt från engelska till svenska är följande:

”Underhåll som genomförs i avsikt att bedöma och / eller för att minska förslitning och minska sannolikheten för fel hos en enhet”.

Förebyggande underhåll (FU) är kanske den viktigaste underhållprocessen att satsa på. FU kan stort förbättra tillgänglighet, anläggningsstatus och säkerhet i fall arbetet är grundligt planerat och väl anpassat för behoven för den detalj som underhållsinsatsen gäller. Behovet av FU för en detalj beror på hurdana fel som vanligt förekommer och hurdana konsekvenser dessa fel skulle ha. I extrema fall kan det vara mer lönsamt att köra en maskin tills den havererar än att alls satsa resurser på att underhålla den. Det viktigaste är att prioritera underhållsinsatserna av FU dit de behövs mest så att de har största möjliga positiva påverkan på de mål som behandlades i kapitel 2.1.2.

För att lyckas skapa en välfungerande FU-verksamhet måste målet med arbetet vara klart definierat och dokumenterat så att alla inom organisationen vet vad som ska uppnås. För att kontrollera och säkerställa hur väl dessa mål uppnås behövs olika mätetal. Nedan följer några relevanta exempel:

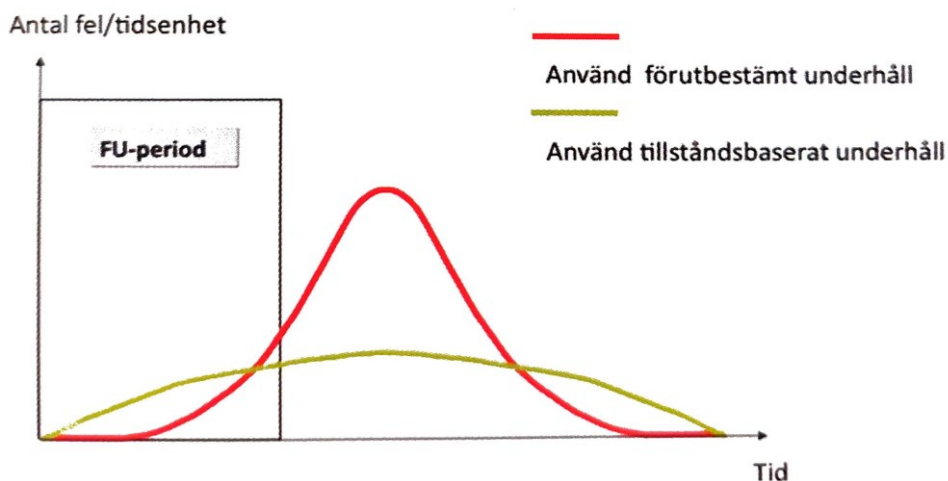
- **Total kostnad** (FU + indirekt UH + eventuellt tappat täckningsbidrag).
- **Tillgänglighet** eller alternativt **MTTF** = Mean Time To Failure.
- **Antal insatser för avhjälpande underhåll** (Målet är att minska antalet akuta avhjälpande underhållsinsatser).
- **Antal förbättringar** som åstadkommit tack vare upptäckter vid FU-arbete.
- **Kostnad för FU** (Här är det viktigt att mäta precis alla FU aktiviteter).

Det är också viktigt att ständigt dokumentera, analysera och förbättra insatserna av FU. Förbättringar kan vanligtvis göras genom förändrat körsätt, modifieringsförslag eller nyinvesteringar. Ett **förbättrat körsätt** kan åstadkommas genom att utbilda produktionspersonalen att på ett bättre sätt handskas med produktionsutrustningen och genom uppdatering av instruktioner. Vad gäller **modifieringsförslag** kan det ibland vara bättre att göra en modifiering för att lösa ett ständigt återkommande problem än att fortsätta att satsa mycket tid och pengar på FU insatser. **Nyinvesteringar** av maskiner kan lönas om till exempelvis flera viktiga delar av en maskin är utslitna. Det är dock viktigt att först göra en kalkyl på basis av bedömningar på maskinens totala livslängdsekonomi innan några slutliga investeringsbeslut tas.

Förebyggande underhåll kan delas in i ytterligare två delbegrepp. Dessa är förutbestämt underhåll och tillståndsbaserat underhåll. Dessa förklaras på följande sätt enligt SS-EN 13306:2017:

- **Förutbestämt underhåll:** "Förebyggande underhåll som genomförs i enlighet med bestämda intervaller eller en bestämd användning, men utan att föregås av tillståndskontroll".
- **Tillståndsbaserat underhåll:** "Förebyggande underhåll som inkluderar bedömning av fysiskt tillstånd, analys och möjliga efterföljande underhållsåtgärder".

Vilken av dessa som är mera lämplig för en viss komponent beror på typen av fel som uppkommer, främst om dessa fel kommer regelbundet eller slumpmässigt. Följande figur visar två olika sorters felfördelningskurvor.



Figur 5. Felfördelningens betydelse för val av underhållsmetod. (Hagberg & Henriksson, 2018, s. 375).

Förutbestämt underhåll lämpar sig för detaljer som i regel havererar inom liknande tidsintervall. Kurvan med rött i figuren visar en felfördelningstyp med en tydlig topp. Det optimala vore att utföra förutbestämda underhållet strax innan denna topp. Den andra kurvan visar ett fall där det lönar det sig att använda en lämplig form av tillståndsbaserat underhåll, eftersom det i detta fall är mycket svårt att på förhand uppskatta när störningar eller fel kommer att ske. I praktiken blir dock FU-arbetet oftast en kombination av

förutbestämt underhåll och tillståndsbaserat underhåll. (Hagberg & Henriksson, 2018, ss. 368-380).

För att lyckas planera ett lönsamt förebyggande underhåll kan det vara en bra idé att göra planeringsarbetet med hjälp av en kritikalitetsanalys. En planeringsprocess av denna typ omfattar följande skeden:

- **Avgränsning av mål och arbetsprocesser** görs för att säkerställa att projektet framskrider effektivt.
- **Uppdelning av huvudprocessen till funktionella enheter eller funktioner.**
- **Definiering av funktioner för den undersökta detaljen** löns att göra genom att undersöka detaljens felhistorik, förbrukning av reservdelar och tillverkarens instruktioner.
- **Prioritering av funktioner på basis av kritikalitet** görs genom att dela in detaljerna i A-, B-, och C-klasser. Till A-klassen hör oftast 25–20 % av de mest kritiska detaljerna.
- **Sammanställning av FU-plan** är det avslutande skedet i processen.

Mätetalet för kritikalitet är kritikalitetstalet R och beräknas på följande sätt:

$$R = T \times (M + K + HY + VL + VO) \quad (1)$$

I föregående formel är:

- T = sannolikheten för händelsen
- M = materialskadornas storlek
- K = produktionsförluster
- HY = person- och miljörisker
- VL = reservutrustningens tillgänglighet

- VO = reservdelens tillgänglighet

Planeringsarbetet kan även göras med en så kallad RCM-analys. Precis som för kritikalitetsanalysen börjar denna process med avgränsningar. Efter första steget avviker processerna dock från varandra. Andra skedet för RCM-analysen är att dela processen i funktioner och undersöka vad som händer ifall funktionen inte sker på det önskade sättet. Därefter undersöks de uppkomna skadorna och deras kostnader, vilket möjliggör prioritering av funktionerna på basis av deras inverkan på lönsamheten. Därefter kan lämpliga FU-planer sammanställas för de upptäckta fellägena. (Järviö & Lehtiö, 2012, ss. 100-101).

Aktiviteter som hör till förebyggande underhåll kan sammanfattas till:

- Rengöring
- Smörjning
- Inspektioner och tillståndskontroller
- Förutbestämda utbyten av slitdetaljer

Rengöring har många fördelar och anses vara en av de mest lönsamma aktiviteter inom FU. Fördelar med rengöring är att det blir lättare att utföra felsökning och reparation av rena maskiner, förhöjd säkerhet tack vare minskad risk för exempelvis bränder, minskat slitage och färre funktionsfel. Rengöring kan också bidra till ökad trivsel, miljövänligare produktion och bättre kvalitet på produkterna.

Smörjning görs främst för att höja komponenternas livslängd genom att minska slitage och friktion mellan komponenter. Den minskade friktionen minskar också mängden värme som uppkommer vid drift. Smörjning bildar ett tunt skikt mellan ytor och förhindrar på detta sätt ytor från att svetsas fast i varandra. Detta skikt tätar mot föroreningar som exempelvis vatten och damm och förhindrar på så vis även korrosion. (Möller & Jürgen, 2006, ss. 53-59)

Inspektioner och tillståndskontroller är aktiviteter inom FU som görs för att i god tid upptäcka begynnande fel. På detta sätt kan lämpliga åtgärder tas innan felet blir värre och leder till följdskador eller i värsta fall haverier som leder till produktionsstopp. Om felet

upptäcks i god tid kan även felavhjälpningen planeras så att reparationer kan göras på ett effektivt och lönsamt sätt. (Möller & Jürgen, 2006, s. 81).

Inspektioner och tillståndskontroller kan vara subjektiva, objektiva eller i form av kontinuerlig övervakning. Subjektiv kontroll innebär att maskinens tillstånds bedöms med de fem sinnen: se, lyssna, känna, lukta, smaka. Objektiv tillståndskontroll omfattar olika mätningar och analyser som görs, exempelvis temperaturmätningar eller vibrations- och oljeanalyser. Kontinuerlig övervakning är övervakning som sker kontinuerligt eller vid visst tidsintervall. Ofta sker det i dagens läge automatiskt med givare som har placerats vid maskiner. (Möller & Jürgen, 2006, ss. 90-91).

Användning av givare och sensorer vid kontinuerlig övervakning ökar ständigt genom att "Internet of Things" blir allt vanligare tack vare den tekniska utvecklingen som hela tiden sker. På detta sätt kan data av maskiner samlas i realtid och skickas till underhållssystem som kan göra analyser av informationen. Detta är till stor hjälp för att fatta beslut för lämpliga underhållsåtgärder. Begreppet Internet of Things innebär att olika saker kopplas till internet, ofta med sensorer och givare av olika slag. (Hagberg & Henriksson, 2018, s. 379).

2.1.5 Avhjälpande underhåll

Standarden SS-EN 13306:2017 Underhåll – Terminologi definierar avhjälpande underhåll enligt följande:

"Underhåll som genomförs efter det att funktionsfel upptäckts och med avsikt att få enhet i ett sådant tillstånd att den kan utföra krävd funktion". (Hagberg & Henriksson, 2018, s. 448).

Med hjälp av avhjälpande underhåll återställs alltså en defekt del eller komponent till driftskick. Avhjälpande underhåll brukas ofta delas in i planerat och oplanerat. Ett exempel på planerat avhjälpande underhåll skulle kunna vara renovering av en maskin vid ett planerat stopp. Vid oplanerade underhållsåtgärder är det oftast frågan om oväntat fel eller störning som kräver snabba åtgärder. Avhjälpande underhåll omfattar:

- Felidentifiering

- Felupptäckning
- Fellokalisering
- Fullständig och tillfällig reparation
- Återställning av driftskick. (Järviö & Lehtiö, 2012, s. 51).

Oplanerat och planerat underhåll brukar också kallas akut avhjälpande underhåll respektive uppskjutet avhjälpande underhåll. Dessa begrepp definieras enligt SS-EN 13306:2017 på följande sätt:

Akut underhåll: *”Underhåll som genomförs omedelbart efter det att funktionsfel upptäckts för att undvika oacceptabla konsekvenser”.*

Uppskjutet underhåll: *”Avhjälpande underhåll som inte genomförs omedelbart efter det att ett funktionsfel upptäckts utan senareläggs i enlighet med givna underhållsdirektiv”.*

I många företag ska akut underhåll påbörjas inom 24 timmars tid, men i allt fler företag har akut underhåll börjat betyda att insatsen ska utföras genast utan några tidsfördröjningar. Även de i standarden nämnda begreppen ”givna underhållsdirektiv” och ”oacceptabla konsekvenser” kan betyda olika saker för olika företag i praktiken. Det är viktigt att ha en tydlig gränsdragning inom företaget för att vara medveten om hur dessa två underhållssätt bör kategoriseras och åtgärdas. Olika fel kan ha olika prioritet beroende på exempelvis vilken maskin felet omfattar och hur långt störningens påverkan sträcker sig. En störning som påverkar säkerhet bör alltid ha högst prioritet och åtgärdas före störningar som har enbart ekonomiska följder. Ett företag bör ha en aktuell kritikalitetsklassning (se kapitel 2.1.4 för exempel) och därmed en tydlig prioriteringsmodell som hjälper att göra upp en tydlig plan för att fatta rätta beslut gällande lämpliga åtgärder för avhjälpande underhåll. (Hagberg & Henriksson, 2018, s. 449).

Akuta underhållsarbeten har många negativa följder för produktionen. Ofta kan reparationen inte utföras på det effektivaste sättet, eftersom det inte finns tid för att planera arbetet ordentligt. Oplanerade underhållsarbeten kan också leda till försenade leveranser, kvalitetsproblem vid igångkörning och störningar för produktionsplaneringen för att nämna några. Vid längre produktionsstopp kan till och med produktionspersonalen vara tvungna att omplaceras eller att byta arbeten.

Oplanerade akuta underhållsarbeten bör alltid ses som ett misslyckande och något negativt. Hela organisationen bör göra allt vad de kan för att se till att ett liknande haveri som skapade behovet för det akuta underhållsarbetet aldrig händer igen. (Möller & Jürgen, 2006, s. 44).

2.1.6 Reservdelstyrning

Reservdelstyrning är en mycket viktig och komplicerad process inom underhåll som har stor inverkan på underhållsverksamhetens totala kostnader och lönsamhet. För att lyckas fatta rätta beslut gällande reservdelstyrning krävs en hel del planering och många olika former av analyser.

Den största orsaken att reservdelstyrning är så viktigt är de stora kostnaderna med reservdelshållningen. De totala kostnaderna för att lagrhålla reservdelar är summan av lagerhållningskostnaderna och hanteringskostnaderna. Dessa utgör vanligen 20–50 % av reservdelarnas totala värde i förrådet. Hanteringskostnaderna är endast en liten del av de totala kostnaderna och utgörs av bland annat kostnader för hanteringsutrustning och datoriserade system. Lagerhållningskostnaderna utgör den största delen av totala kostnaderna och består av:

- Kostnader för bundet kapital
- Kostnader för fysisk lagerhantering
- Lagerlokals- och utrustningskostnader
- Kostnader för lagrat gods (försäkringar, inkurans, skador med mera)
- Administrations- och inventeringskostnader

För att en omfattande process inom industrin ska lyckas krävs resultatorienterade mål och mätetal. Detta gäller naturligtvis även reservdelstyrning. Vanliga mätetal för reservdelstyrning är:

- **Total kostnad** bestående av **lagerhållningskostnad** och **bristkostnad**. Huvudmålet är att få denna så lågt som möjligt.
- **Bristkostnad** som kan definieras enligt följande:

"Skillnad i totala kostnader tills produktionsobjektet reparerats beroende av om reservdel finns i förråd eller ej". (Hagberg & Henriksson, 2018, s. 498).

- **Stilleståndstid** beroende på brist av en viss reservdel är det man strävar till att undvika genom att ha reservdelar i förrådet. Denna siffra kan även räknas om till bristkostnad.
- **Lagerhållningskostnad.**
- **Omsättningshastighet** beräknas genom att dela årets totala förbrukning med totala förrådsvärdet.
- **Antal akutorder** kallas även för "panikorder" och bör undvikas med hjälp av väl planerat reservdelsstyrning och underhåll.
- **Kundnöjdhetsindex** används som utgångspunkt för förbättringsåtgärder.
- **Avvikelse mellan fysisk kvantitet och kvantitet i systemet** visar hur pålitligt systemet är.

Informationshantering är mycket viktigt inom reservdelsstyrning, eftersom stora företag kan ha tusentals olika artiklar i förråden. På grund av detta måste det finnas ett system för informationshantering så att all information kan lagras och enkelt fås fram vid behov. Viktig information är bland annat artikelnummer, namn, pris, placering och lagringsbehov. Det allra väsentligaste är dock att veta vilka maskiner som är mest kritiska och därmed även konsekvenserna av en reservdelsbrist till dessa maskiner.

Klassificering av artiklar är nödvändigt för att fatta korrekta beslut gällande reservdelsstyrning samt att kunna styra och följa upp verksamheten. Artiklar klassificeras vanligtvis enligt:

- Varu- eller materialgrupp
- Volymvärde
- Klassificering utifrån förbrukning
- Övriga klassificeringar

Varu- eller materialgruppen anger vilken typ av reservdel det är och för klassificering enligt detta sätt finns det många olika klassificeringssystem. Varugrupperna gör det möjligt att välja ut vissa typer av reservdelar och sedan studera dessa. Vanligtvis får artiklarna ett artikelnummer som kopplas ihop med en viss plats inom förrådet. Artikelns läge kan på detta sätt snabbt hittas ur förrådssystemet.

Klassificering enligt **volymvärde** kan vara en bra metod ifall ett förråd har ett mycket stort antal artiklar. Detta görs enligt den så kallade 80–20 regeln som innebär att 20 % av orsakerna medför 80 % av effekterna. I detta fall betyder det att 20 % av artiklarna står för 80 % av volymvärdet.

Klassificering utifrån förbrukning görs genom att dela artiklarna in i försäkringsreservdelar, förbrukningsreservdelar och förbrukningsmaterial. **Försäkringsreservdelar** är delar som är ofta mycket dyra och har nästan ingen förbrukning alls, men ifall delen skulle behövas skulle kostnaden vid brist bli mycket stor. Dessa delar kan som namnet säger ses som en "försäkring" för produktionen. Dessa bör dock om möjligt inte lagerhållas, eftersom det medför stora kostnader.

Förbrukningsreservdelar är delar med oregelbunden förbrukning och rätt så högt värde, men ändå lägre värde än försäkringsreservdelar. Risker för att ett behov för fler än en av dessa uppkommer under den tid som det tar för att få en beställd artikel levererad är dock så stor att den inte kan försummas.

Till **förbrukningsmaterial** hör artiklar som har relativt hög förbrukning och förbrukningen kan uppskattas relativt noggrant. Förbrukningen kan sägas vara mer eller mindre direkt proportionell med produktionen.

Övriga klassificeringar kan bland annat göras enligt lagerhållningsplats och ifall förrådet är internt eller externt. I stället för egen lagerhållning kan artiklar också lagras vid leverantörer eller andra företag som använder samma utrustning som det egna företaget. Med hjälp av väl planerade ledtider (exempelvis att artikeln måste finnas inom företaget inom en timme efter framkallelse) kan lagerhållningskostnaderna minskas utan att kvaliteten eller produktionsförmågan sjunker.

Som tidigare nämnt är det mycket dyrt att lagerhålla reservdelar. Som tur kan behov av lagerhållning minskas på många sätt. För att avsluta detta kapitel presenteras en rätt

omfattande lista på åtgärder som kan tas för att minska både behov av lagerhållning och lagerhållningskostnader:

- Ha lagret hos andra eller ha ett gemensamt lager med andra
- Standardisering
- Optimera förebyggande underhåll
- Korta ledtider
- Säkra ledtider
- Göra konsekvenserna av brist mildare
- Köpa driftsäker utrustning
- Kompetenssäkring
- Egentillverkning av reservdelar
- Utskrotning
- Effektivt förrådsarbete. (Hagberg & Henriksson, 2018, ss. 478-515).

2.1.7 Förbättringsarbete

Förbättringsarbete är ett område inom underhåll som fokuserar på att förbättra prestationsförmågan för en enhet utan att göra modifikationer som ändrar dess funktion. Det som egentligen menas med begreppet prestationsförmåga i det här fallet är enhetens funktionssäkerhet, underhållsmässigt och säkerhet. Dessa begrepp behandlades tidigare i kapitel 2.1.3.

Förbättringsarbete hittas i SS-EN 13306:2017 med benämningen *förbättring*. Begreppet har benämningen *parantava kunnossapito* på finska i standarden PSK 6201:2011, alltså *förbättrande underhåll* om begreppet översätts grovt till svenska. Om begreppets definition enligt SS-EN 13306:2017 översätts från engelska till svenska lyder den ungefär så här:

”Kombination av alla tekniska, administrativa samt ledningens åtgärder, avsedda för att förbättra en enhets funktionssäkerhet och/eller underhållsmässighet och/eller säkerhet, utan att ändra dess krävda funktion”.

Även begreppet ”enhet” beskrivs med följande ord:

”Varje detalj, komponent, delsystem, funktionell del, utrustning eller system som kan betraktas var för sig”.

Förbättringsarbete är en viktig del av underhållsverksamhet och ett krav för att bli ett framgångsrikt företag inom industrin. Det sker hela tiden förändringar i utvecklingen för bland annat marknaden och kundernas krav. Därför måste företag kontinuerligt förbättra hela sin verksamhet för att hålla sig på toppen.

Förbättringsarbete kan se ut på många olika sätt i praktiken, exempelvis förbättring av informationshantering, arbetsrutiner och hur de utförs, personalens kompetens och optimering av leverans för reservdelar med mera. De typ av åtgärder som nästan alltid borde prioriteras är i alla fall sådana som strävar till att minimera uppkomsten av återkommande fel, eftersom dessa kontinuerligt kräver en stor arbetsinsats och mycket resurser i olika former. Det är betydligt effektivare att lösa problemet en gång för alltid än att lösa samma problem flera gånger.

För att skapa ett fungerande förbättringsarbete bör arbetet göras till en väsentlig del av hela underhållsverksamheten på ett sådant sätt så att alla parter involveras och har en möjlighet att föra fram sina idéer och tankar. Behov till förbättringar framkommer bland annat från olika former av möten, avvikelserapporter, analyser av akuta fel, och då arbetsorder genomförs. Det är viktigt att från dessa identifiera de mest lönsamma förbättringsmöjligheterna och prioritera dem. Avslutningsvis kan följande faktorer och åtgärder sammanfattas som de mest viktiga för att skapa ett kontinuerligt fungerande förbättringsarbete:

- Koppling till övergripande strategi
- Ledningens kort-och långsiktiga stöd
- Utsedd förändringsledare och stödorganisation

- Övergripande plan
- Utbilda gruppleddare
- Kontinuitet i arbetet
- Resurser för arbetet och genomförande av lösningar
- Pilotgrupper
- Uthållighet
- Börja med enkla problem
- Introducera verktyg vid behov
- Dela erfarenheter
- Mätbara resultat
- Visualisering
- Revisioner och stöd. (Hagberg & Henriksson, 2018, ss. 528-559).

2.2 Informationshantering och underhållssystem

Detta kapitel handlar om informationshantering. I början av kapitlet ges en kort beskrivning om hur informationshantering i industrin kan se ut. Därefter ges först en kort introduktion till CMMS och dess huvudmoduler vartefter underhållssystemets moduler och modulernas delfunktioner förklaras noggrannare. I slutet av kapitlet presenteras faktorer som bör beaktas vid anskaffning av ett CMMS.

2.2.1 Informationshantering i industrin

För att lyckas upprätthålla en god driftsäkerhet med hjälp av ett effektivt industriunderhåll krävs en hel del information om bland annat anläggningar, maskiner och utrustning, reservdelar och olika typer av underhållsåtgärder. I stora företag kan det finnas tusentals aktuella underhållsåtgärder, som även bör utföras på rätt sätt i rätt tid av en person med

rätt kompetens. För att detta ska vara möjligt måste informationen samlas och ordnas på ett systematiserat sätt. (Möller & Jürgen, 2006, s. 27).

Informationshantering i industrisammanhang görs med hjälp av digitala informationssystem och olika mötesformer som berör underhållsverksamheten. Digitala system som används av underhållssystem är bland annat CMMS (Computer Maintenance Management System) samt system för produktionsuppföljning, avbrotts och störningsregistrering och avvikelshantering. Betydelsefulla mötesformer för underhållsverksamhet är bland annat skiftmöten, daglig styrning, avdelningsmöten och stopplaneringsmöten.

Speciellt i stora företag är informationshantering en process som kräver mycket resurser och därför är det viktigt att tillhörande åtgärder sköts ordentligt. För att skapa en lyckad informationshanteringsprocess är det viktigt att ha effektiva mötesformer samt att samla och spara informationen på ett tydligt sätt genom bra visualisering. På detta sätt kan man säkerställa att informationen är enkelt tillgänglig och av önskad kvalitet så att alla övriga underhållsåtgärder kan utföras effektivt med hjälp av aktuell information. (Hagberg & Henriksson, 2018, ss. 226-227).

2.2.2 Underhållssystem och dess huvudfunktioner

Det är självklart att ingen person kan själv i huvudet hålla reda på den massiva mängden information som berör underhållsverksamhet och därför finns det ett behov av ett underhållssystem som sköter detta. Dessa typ av system är i dagsläget oftast datorbaserade och har benämningen CMMS, Computerised Maintenance Management System. Ett CMMS är ett integrerat system bestående av flera sinsemellan samverkande funktionsmoduler. Ett CMMS kan i viss mån även samverka med andra delsystem inom företag som till exempel produktionens störningsuppföljning och ekonomiuppföljning. En enskild modul innehåller flera delfunktioner och kan sägas effektivisera ett antal arbetsmoment medan CMMS effektiviserar hela företaget och dess verksamhet i sin helhet.

Det finns en del huvudfunktioner som ett konkurrenskraftigt CMMS måste innehålla. Det är dock viktigt att komma ihåg att terminologin för funktionsmodulerna kan skilja något mellan olika företag och leverantörer. Ett kompetent CMMS har åtminstone följande moduler i en eller annan form:

- Anläggningsuppgifter
- Förebyggande underhåll
- Arbetsorderhantering
- Materialhantering
- Uppföljning.

2.2.3 Anläggningsuppgifter

Den viktigaste delen av modulen för anläggningsuppgifter är anläggningsregistret. Anläggningsregistret innehåller information om bland annat produktionsanläggningar och byggnader, maskiner, ventilation och transportsystem. Anläggningsregister är ofta hierarkiskt uppbyggda och delade i olika områden som till exempel funktioner, platser och komponenter. På detta sätt blir det mycket enkelt för användaren att hitta information bland ganska stora mängder av data. Det kan också finnas beskrivningar i registret av relationerna mellan olika anläggningsdelar för att minska sannolikheten för misstag och felmanövreringar i systemet.

Anläggningsregistret innehåller även information om tekniska specifikationer, hur kritiskt en viss utrustning är, samt reservdels- och dokumentlistor av olika slag. Ett bra anläggningsregister förbättrar även förmågan att uppnå myndighetskrav och företagens egna mål kring kvalitetssäkring och kontroll genom att förbättra spårbarheten för anläggningsobjektens rörelser. (Hagberg & Henriksson, 2018, ss. 230-231).

2.2.4 Modulen för förebyggande underhåll

Informationen som behövs för att utföra förebyggande underhåll för en maskin förknippas med maskinens identitetsnummer i anläggningsregistret. Denna typ av information är bland annat vilken del som ska underhållas, beskrivning över underhållsåtgärderna och om åtgärden kan utföras under drift eller om den kräver att maskinen stoppas. Det är också viktigt att fastställa vem som ska utföra uppgiften och därför är det önskvärt att systemet har en funktion för att anlita ansvarspersoner för underhållsåtgärder. Det bör även finnas en möjlighet att skapa ett instruktionsregister dit alla instruktioner för de olika underhållsåtgärderna sparas. (Möller & Jürgen, 2006, ss. 30-31).

En annan viktig sak att tänka på är till vilken grad förutbestämt och tillståndsbaserat underhåll ska användas. Vad gäller förutbestämt underhåll kan kalenderstyrda underhållsplaner bestående av förutbestämda och/eller återkommande underhållsåtgärder skapas i CMMS. Denna plan kan sedan kompletteras med tillståndsbaserat underhåll, vilket dock sätter en hel del krav på systemets datainsamlingsförmåga. För det första måste man fundera både på mätmetoder och datainsamlingsutrustning. Systemet måste också ha förmågan att hantera olika typer av parametrar och det är viktigt att finns en mätvärdesdatabas som fritt kan justeras för parametrar som mäts för ett visst objekt. Det är också bra om systemet kan motta information av andra delsystem genom standardiserade gränssnitt. (Hagberg & Henriksson, 2018, ss. 231-232).

2.2.5 Arbetsorderhantering

I ett företag utförs ständigt en hel del underhållsåtgärder och all information om dessa åtgärder måste sparas för redovisning och utvärderas för att kontinuerligt utveckla underhållsverksamheten. Detta görs genom att skapa en arbetsorder med ett skilt arbetsordernummer för varje enskilt underhållsarbete. I arbetsorder finns information om bland annat vilket anläggningsobjekt som ska underhållas, vem som ska utföra arbetet, en beskrivning om arbetet och eventuella villkor för arbetets utförande. Det är också viktigt att rapportera det utförda arbetet ordentligt så att informationen kan användas för vidareutveckling. (Möller & Jürgen, 2006, ss. 31-32).

Systemet för arbetsorderhantering kan sägas utgöra basen för planering av underhållsverksamheten. Historiken som genereras vid arbetsorderhantering är grunden till tekniska och ekonomiska analyser i företaget och är mycket viktig för förmågan att analysera nyckeltal som berör budgetering. Arbetsorder skapas bland annat genom FU-modulen, felanmälningar eller beställda arbeten och genom projekt som bryts ner i mindre aktiviteter. Ett bra system för arbetsorderhantering är integrerat med förrådet och meddelar även automatiskt åt inköpsansvariga vad som behövs och vid vilken tidpunkt. (Hagberg & Henriksson, 2018, ss. 232-233).

2.2.6 Materialhantering – Förråd och inköp

För att optimera rutiner för materialhantering i företaget både gällande förråd och inköp måste det använda underhållssystemet ha en modul för förråds- och inköpshantering. Som tidigare nämnt kan ett stort företag ha tiotusentals förrådsartiklar med tillhörande information och därför är det omöjligt att fatta optimala beslut gällande inköp och lagerhållning speciellt i stora företag utan någon form av administrativt stöd. I förrådssystemet finns information om bland annat förrådsartiklars artikelnamn och nummer, leverantörens information och artikelnummer samt pris och leveranstid. Utifrån denna information skapas ett fullständigt inköpsunderlag för artikeln i fråga. För inköp används ett skilt system bestående av information om leverantörer, leveranstid och villkor, vilka inköp som gjorts av vem och så vidare. (Möller & Jürgen, 2006, s. 34).

Förrådsfunktionen bör vara integrerad med övriga moduler i CMMS så att den kan tillämpas i många olika sorters situationer. Ett exempel vore "Består-av" och "Ingår-i" analyser som gör det möjligt att snabbt identifiera en förrådsartikel vid olika händelser genom att söka i systemet. Om en viktig maskin drabbas av reservdelsbrist kan man med hjälp av dessa exempelvis kontrollera om samma del finns på en mindre viktig maskin och vid behov flytta över den till den viktigare maskinen. Historiken som skapas vid förbrukning av artiklar ger också värdefull information som hjälper att fatta investeringsbeslut gällande ny teknik.

Det finns en hel del krav för inköpssystemet. Olika typer av reservdelar kan behöva olika behandling beroende på om det är frågan om standardartiklar eller dyra reservdelar. Inköpsprocessen för standardartiklar borde alltid vara så enkel som möjligt. Vad gäller inköp av dyra specialreservdelar är andra faktorer som kvalitet och leveranssäkerhet viktigare och dessutom bör det finnas funktioner för att jämföra mellan leverantörer. Inköpssystemet måste också klara av att hantera flödet från arbetsbegäran och kontering till hemtagning, avisering och fakturakontroll, eftersom direktköp mot projekt eller arbetsorder är vanligt. Arbetsorderns kostnad måste vara tydligt vid samband med slutfakturering. Detta underlättar även budgetering genom att värdet på uteliggande beställningar kan uppföljas. (Hagberg & Henriksson, 2018, ss. 233-234).

2.2.7 Uppföljning

För att lyckas skapa en effektiv underhållsverksamhet är det viktigt att underhållsresurserna läggs dit där de behövs mest. Det är här betydelsen för uppföljning kommer fram. Med hjälp av underhållssystemets statistik kan information om exempelvis vilka maskiner som har högsta underhållskostnader eller havererar mest uppföljas och sparas. Denna statistik kan sedan presenteras och fungera som grund för modifieringar och förbättringar av olika slag. (Möller & Jürgen, 2006, s. 32).

Ett bra sätt att veta om underhållsresurserna används på rätt sätt är följa upp effekterna av underhållsarbetet. Data som är relevant för detta är maskinnummer, stilleståndstid och konsekvens av stillestånd samt UH påverkan på kassationer, omarbetningar och kapitalbindning. Denna information fås från bland annat underhållssystem och produktionssystem. Då informationen är samlad kan analyser av olika slag göras så att informationen kan presenteras på ett tydligt sätt. Genom att presentera denna information kan man:

- Visa underhållets totala påverkan på företagets ekonomi.
- Se vilka kostnader är störst och vad som bör prioriteras.
- Kunna jämföra olika maskiner, anläggningar och tidpunkter.
- Utnyttja befintlig information på ett mer effektivt sätt. (Hagberg & Henriksson, 2018, ss. 245-246).

2.2.8 Anskaffning av CMMS

På marknaden finns det flera olika typer av underhållssystem med skillnader i funktioner och användarvänlighet och därför måste anskaffningsprocessen göras med omsorg. Det är speciellt viktigt att systemet är väl lämpat för organisationen och innehåller endast de funktioner som faktiskt är nödvändiga och kommer att användas. (PINJA, u.å., s. 15).

Vid anskaffning av ett nytt CMMS bör åtminstone följande saker beaktas:

- Behovskartläggning
- Ansvarspersoner

- Underhållssystemets krav
- Val av systemleverantör. (PINJA, u.å., ss. 8-21).

För att anskaffningsprocessen av ett nytt CMMS skall lyckas så gott som möjligt bör processen börja med en **behovskartläggning**. I denna process löns det också att involvera personerna som kommer att använda själva systemet. Om alla parter känner sig involverade i arbetet minskar detta motstånd mot de förändringar som följs av att underhållssystemet tas i bruk.

Behov av ett underhållssystem kan dyka upp på många olika sätt. Vissa kunder kräver att underhållsåtgärder dokumenteras och inom specifika typer av verksamhetsområden kan det även finnas myndighetskrav för noggrann dokumentering av underhållsverksamhet. Behov av ett underhållssystem kan också uppkomma då brister upptäcks i underhållsorganisationens verksamhet eller då man försöker höja produktionen i företaget. Ett underhållssystem kan också bli aktuellt då företagsledningen vill utveckla underhållets roll enligt företagets strategi. (PINJA, u.å., ss. 9-10).

Vilka personer som utses till anskaffningsprojektets **ansvarspersoner** beror främst på organisationens storlek och hurudan roll underhållet spelar i organisationen. Det viktigaste är dock att utse en projektledare som har en god kännedom av underhållsverksamheten och att projektet hela tiden stöds av företagsledningen. Det kan också vara bra att ha en person från IT-avdelningen och enligt behov även annan typ av personal som stöd för projektet. I samband med större projekt kan ett konsultföretag anställas som ytterligare hjälp. (PINJA, u.å., s. 13).

Underhållssystemets krav varierar från företag till företag. Ett litet företag med tio anställda behöver naturligtvis inte lika många funktioner som ett väldigt stort företag med tusentals anställda. Ett bra CMMS behöver dock enligt behov klara av att göra följande:

- Förbättra samarbete mellan produktion och underhåll.
- Följa upp och rapportera underhållskostnader.
- Utföra livscykelanalyser av maskiner.
- Förutsäga och följa upp begynnande fel.

- Skapa felhistorik för utrustning
- Skapa underhållsplaner för maskinerna
- Styra samarbetsnätverket
- Hantera information gällande arbetssäkerhet
- Visualisera information på ett tydligt sätt
- Stöda tillståndsbaserat underhåll. (PINJA, u.å., ss. 11-12).

Ett bra underhållssystem behöver också vara lättanvändbart och flexibelt så att systemet enkelt kan justeras enligt användarens behov och önskemål. En av de viktigaste egenskaperna för ett modernt CMMS är att det är molnbaserat med en tillhörande mobilapplikation samt har en funktion för att avläsa QR-koder. Systemets leverantör bör vara aktiv och kontinuerligt satsa på vidareutveckling av systemet. Slutligen skall det vara enkelt att expandera systemet med nya funktioner enligt behov. (PINJA, u.å., s. 16).

Valet av systemleverantör är en del av anskaffningsprocessen som inte får glömmas. En kompetent leverantör utmanar kunden på positiva sätt och tar hänsyn till kundens behov samtidigt som potentiella risker och möjligheter utvärderas. Det lönar sig att välja en leverantör som erbjuder både innovativa och långsiktiga lösningar gällande både underhåll och produktion. Man bör även säkerställa att leverantören använder modern teknik i sina lösningar. Det är en stor fördel ifall leverantören klarar av att analysera data från maskiner i real tid med hjälp av IoT-teknologi.

Vid val av systemleverantör bör följande saker kontrolleras:

- Leverantörens sakkunnighet.
- Leverantörens erfarenhet och referenser inom branschen.
- Systemet är en central del av leverantörens verksamhet, inte bara en sidogren.
- Leverantörens förmåga att förbinda sig vid budget och tidtabell.
- Projektet för att ta i bruk systemet beskrivs på ett konkret sätt.

- Leverantörens förmåga att ge systemstöd samt att utveckla systemet vidare efter systemet tagits i bruk.
- Leverantörens vilja att samarbeta och delta i att optimera sättet hur underhållsystemet används i organisationen. (PINJA, u.å., ss. 17-19).

2.3 Laserbearbetning

Detta kapitel handlar om industriell laserbearbetning. Kapitlet förklarar laserns funktionsprincip, lasertyper, laserbearbetningsmaskiners uppbyggnad, tillhörande komponenter samt teori gällande underhåll av laserbearbetningsmaskiner.

2.3.1 Allmänt om laserbearbetning

Lasern kan tillämpas på många olika sätt inom industrin. Lasern kan exempelvis skära, svetsa, borra, förånga, smälta och löda material. Lasern används globalt inom mekanik och elektronik men dessa områden täcker endast en liten del av laserns potentiella möjligheter. (Kujanpää, Salminen, & Vihinen, 2005, s. 14).

Laserbearbetning brukar delas in i följande processer:

- Laserskärning
- Lasersvetsning
- Laserbehandling av ytor
- Laserborrning
- Lasermärkning
- Laserlödning.

Övriga laserbearbetningsprocesser som finns är bland annat laservärmebehandling, laserböjning och mikrolaserbehandling. (Kujanpää, Salminen, & Vihinen, 2005, ss. 21-29).

2.3.2 Laserns funktionsprincip

Ordet LASER är en förkortning av följande ord ur engelskan:

Light Amplified by Stimulated Emission of Radiation.

Laserljus är alltså ljus förstärkt med hjälp av stimulerad emission. Alla lasrar är optiska förstärkare bestående av tre komponenter:

- **Ett lasermedium**, där lasern skapas. Mediet kan vara i fast, flytande eller gasform.
- **Två speglar**, varav åtminstone en måste vara delvis genomskinlig för att laserbehandling ska kunna ske i speglarnas mellanrum.
- **Energi i någon form**, exempelvis ljus eller elenergi.

De elektroner som finns i lasermediets atomer höjs till en högre energinivå genom att energi tillförs till lasermediet. Då dessa elektroner senare återgår till den lägre energinivån skapas laserljuset. Denna process upprepas väldigt många gånger och ljusstrålen förstärks för varje gång. Resultatet blir till sist laserljus. (Kujanpää, Salminen, & Vihinen, 2005, s. 33).

Då laserljuset riktas mot ett material reflekteras en del av ljuset bort och en del absorberas i materialet. Den absorberade delen av ljuset kan övergå till värme-energi, sprida ut eller tränga sig igenom materialet och det är detta fenomen som utnyttjas vid laserbearbetning. (Kujanpää, Salminen, & Vihinen, 2005, s. 15).

2.3.3 Laserbearbetningsmaskinernas uppbyggnad

Laserbearbetningsmaskiner är komplicerade system bestående av flera olika komponenter. Komponenterna kan sammanfattas till:

- Resonator
- Kraftkälla
- Styrsystem
- Kylare
- Ram.

Av dessa kan resonatorn sägas vara den viktigaste komponenten. Det är inne i resonatorn som själva laserstrålen skapas. (Kujanpää, Salminen, & Vihinen, 2005, s. 53).

2.3.4 Lasertyper

Det finns många olika typer av lasrar med flera olika konstruktionsalternativ. Dessa kan delas in i starka och svaga lasrar. De viktigaste typer av starka bearbetningslasrar kan sammanfattas till:

- CO₂-lasrar
- Nd:YAG-lasrar
- Diodlasrar
- Fiberlasrar

En del av de ovannämnda lasertyperna finns också som svaga bearbetningslasrar. Utöver dessa finns bland annat följande typer av svaga bearbetningslasrar:

- Excimerlasrar
- Titansafirlasrar
- Kopparånglasrar.

Dessa är endast en del av alla lasertyper som finns i dagsläget. Tekniken utvecklas hela tiden och nya varianter dyker fortsättningsvis upp. (Kujanpää, Salminen, & Vihinen, 2005, ss. 54-71).

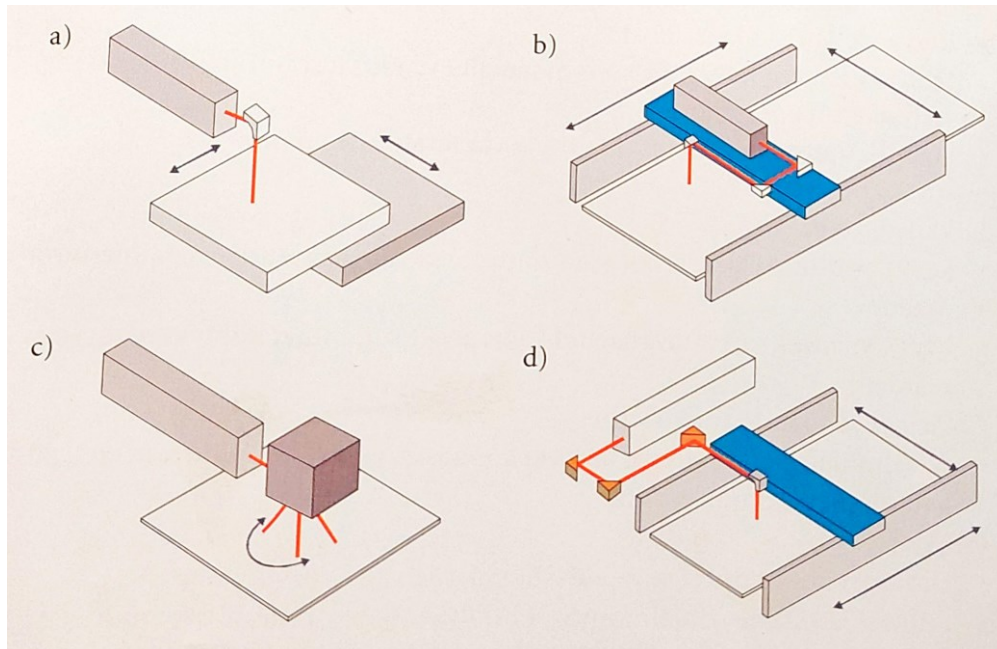
2.3.5 Laserbearbetningsstationer

En laserbearbetningsmaskin måste ha en bearbetningsstation som sköter själva rörelsen av laserstrålen då materialet bearbetas. Laserbearbetning kräver i många fall snabbare och noggrannare rörelser i jämförelse med andra bearbetningsmetoder och därför ställs det en hel del krav speciellt gällande vibrationer. Ramen måste vara stabil och vibrationsdämpande samtidigt som de rörliga delarna är snabba, noggranna och lätta. Ett laserbearbetningssystem har många mekaniska delar och det är vanligt att själva lasern

kommer från en annan leverantör än exempelvis ramen eller kylaren, vilket är något som också måste tas i beaktande vid planering av bearbetningssystemet.

Det finns många olika sorters bearbetningsstationer och de kan delas in på flera olika sätt.

Ett vanligt sätt är att fördela stationerna enligt hur bearbetningsrörelsen skapas:



Figur 6. Indelning av arbetsstationer baserat på rörelsemetod. (Kujanpää, Salminen, & Vihinen, 2005, s. 93).

I figuren beskriver a-fallet en situation där rörelsen sker genom att flytta arbetsstycket och i b-fallet sker rörelsen genom att lasern flyttas. I c-fallet visas ett skanningssystem som riktar lasern och i d-fallet skapas bearbetningsrörelsen genom att hela optiken rör på sig, vilket också är den vanligast förekommande lösningen. (Kujanpää, Salminen, & Vihinen, 2005, ss. 92-94).

Förutom dessa finns det ytterligare lösningar, exempelvis kombinationer av fall a och d där både arbetsstycket och optiken är rörliga och bearbetningsstationer där rörelsen skapas av industrirobotar. Vissa bearbetningsmetoder som mikrolaserbearbetning kan även kräva speciellt anpassade stationer. (Kujanpää, Salminen, & Vihinen, 2005, ss. 95-107).

2.3.6 Laserkylare

Laserkylare är mycket viktiga komponenter inom laserbearbetning på grund av den stora mängden värme-energi som skapas av lasern. Ifall denna värme inte leds bort från systemet kan det leda till försämrade prestandeförmåga, funktionsfel och förkortad livslängd för utrustningen. (Smart Family of Cooling Products, u.d.).

Lasrar kan vara antingen luft eller vattenkylda beroende främst av laserns effektutbud. Luftkylda lasrar har ofta lägre effektutbud och mer kompakt design med inbyggd kylning. Större lasrar med högre effektutbud kräver ofta en extern vattenkylare för att fungera på önskat sätt utan att överhettas. (Sintec Optronics, 2017).

Vanliga laserkylare åstadkommer kylningseffekten genom att cirkulera ett kylmedel mellan laserröret och ett aktivt kylaggregat. Laserkylare består vanligen av fyra komponenter:

- En kompressor
- En förångare
- En expansionsenhet
- En kondensor.

Kylprocessen inleds med att kylmedlet absorberar värme och omvandlas till gasform i förångaren. Därefter komprimerar kompressorn detta kylmedel för att öka trycket innan det förflyttas till kondensorn. I kondensorn avger ångan värme vilket får kylmedlet att kondensera tillbaka till vätskeform. Den flytande kylvätskan passerar genom expansionsenheten, som reglerar flödet och sänker trycket och börjar processen om från början. (Smart Family of Cooling Products, u.d.).

2.3.7 Underhåll av laserbearbetningsmaskiner

Precis som alla andra typer av maskiner i industrin kräver också laserbearbetningsmaskiner regelbundet underhåll. Underhållsåtgärder för laserbearbetningsmaskiner är vanligtvis olika former av förebyggande underhåll och dessa är i praktiken en kombination av förutbestämda underhållsåtgärder och tillståndsovervakningar av strategiskt viktiga komponenter. De mest kritiska komponenterna är:

- Bearbetningsoptik
- Resonatoroptik
- Gascirkulationssystem
- Vakuumpump
- Strålgenererande komponenter.

Förutom dessa kräver också alla mekaniskt rörliga delar underhåll. Större och effektivare lasermaskiner har även externa vattenkylare som måste underhållas skilt.

Det väsentliga med underhåll av laserbearbetningsmaskiner är att säkerställa att utrusningen hela tiden hålls ren. Detta gäller speciellt alla optiska komponenter som reflekterar eller släpper igenom laserljus. Smutsig och/eller trasig optik ökar absorptionsgraden, vilket betyder att en större del av laserstrålens energi tas upp i den optiska komponenten, vilket kan leda till sämre prestationsförmåga och överhettning.

Det är också värt att nämna de säkerhetsrisker som underhåll av laserbearbetningsmaskiner medför. Vid laserbearbetning utgör ofta underhåll av maskinerna den största säkerhetsrisken, eftersom de säkerhetsarrangemang som måste demonteras för att underhållsgärder ska kunna utföras många gånger inte återställs med tillräcklig omsorg. (Kujanpää, Salminen, & Vihinen, 2005, s. 352).

2.3.8 Vanliga underhållsåtgärder för laserbearbetningsmaskiner

För laserbearbetningsmaskiner byggs ofta underhållet upp genom att skapa förutbestämda underhållsplaner för diverse tidsperioder enligt maskintillverkarnas instruktioner. Förebyggande underhållsåtgärder delas vanligtvis in i tidsintervaller. Dessa intervaller kan vara till exempel dagligen, veckovis, månadsvis, halvårsvis eller årsvis. Underhållsåtgärder kan också utföras enligt driftstid.

Underhållsåtgärder som görs dagligen för laserbearbetningsmaskiner är oftast inspektioner och tillståndskontroller av olika slag. Vanliga **dagliga** åtgärder är exempelvis:

- Kontroll och/eller rengöring av linsen, skyddsfönstret, bearbetningshuvudets speglar och gasmunstycken.

- Byte av enklare defekta komponenter.
- Kontroll av brännpunktens position.
- Kontroll av tvärstrålens funktion.
- Inriktning av pulver/trådmatning.

Underhållsåtgärder som görs **veckovis** omfattar kontroller av väsentliga saker för utrustningens funktion och vars inverkan kan visa sig mycket snabbt. Vanliga åtgärder är:

- Kontroll av vattennivån i kylaren.
- Inspektion och vid behov rengöring och/eller byte av kylarens partikelfilter.
- Rengöring och eventuell inriktning av strålningstransport och processoptik.
- Kontroll och vid behov tömning av olje-/vattenavskiljaren i gasförsörjningen.
- Inspektion och reparation av eventuella olje- och kylvattenläckager.
- Visuell inspektion av resonatorrören med avseende på läckage.
- Kontroll av laserstrålens läge.
- Kontroll av optiska fibrers skick.
- Kontroll av funktionen hos standardproduktens klämmor och manipulatorer.
- Kontroll av tillsatstrådens rakhet vid svetspunkten.
- Kontroll av integriteten hos rörledningar för pulvermatning.

Underhållsåtgärder som görs **månadsvis** är:

- Smörjning av bearbetningsstationen.
- Kontroll av kylvattnets elektriska ledningsförmåga och byte av kylvatten vid behov.
- Kontroll av oljenivån i vakuumpumpen och fläkten.
- Kontroll av jämnheten i pulvrets/trådens matningshastighet.

Underhållsåtgärder som görs **halvårsvis** är:

- Byte av kylvatten.
- Kontroll mängden av isoleringsolja i transformatorer.
- Tillståndskontroll och eventuellt utbyte av tuning lampor i Nd:YAG laser.
- Kontroll av pulver- eller trådmatningshastigheten.
- Kontroll av slitdetaljers skick och vid behov utbyte.

Underhållsåtgärder som görs **årsvis** är varierande och ofta beroende av maskinens drifttimmar. I samband med årliga underhållsåtgärder kontrolleras utrustningens och de kritiska komponenternas funktion. Detta är även ett bra tillfälle att utföra alla icke-brådskande underhållsåtgärder. (Kujanpää, Salminen, & Vihinen, 2005, ss. 352-354).

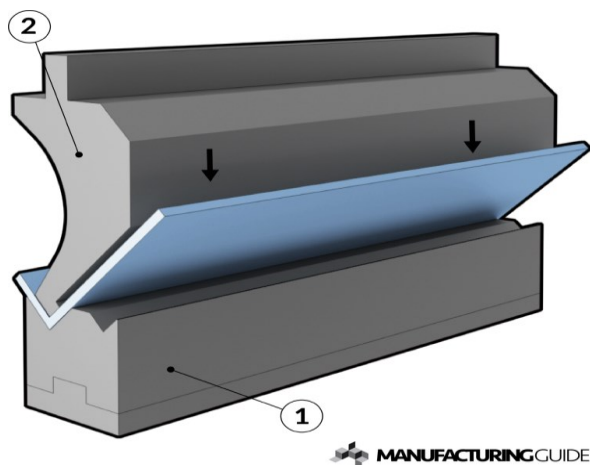
2.4 Kantpressning

Detta kapitel presenterar kort funktionsprincipen för kantpressar samt vanliga underhållsåtgärder för dessa maskiner.

2.4.1 Kantpressens funktionsprincip

En kantpress består av ett övre och undre verktyg. Processen utförs genom att placera arbetsstycket som oftast är en tunn metallplåt ovanpå det undre verktyget (dynan) och därefter sjunker det övre verktyget (stansen) ner och deformerar arbetsstycket genom att tillföra en presskraft. Detta leder till plastisk deformation, vilket betyder att det sker en permanent formförändring för arbetsstycket.

Viktiga parametrar är bland annat presskraft och pressdjup. Dagens kantpressar är ofta CNC-styrda med antingen en mänsklig operatör eller en robot. Ifall operatören är en människa informeras operatören automatiskt hur nästa plåt ska placeras inför följande bockning. Kantpressar kan även ha tilläggsutrustning exempelvis i form av stoppare som hjälper att positionera plåten i djupled inför bockningar och rullbord som hjälper att mata in stora och tunga plåtar mellan stansen och dynan. (Manufacturing Guide, u.d.).



Figur 7. Kantpress med dyna (1) och stans (2). (Manufacturing Guide, u.d.).

2.4.2 Underhåll av kantpressar

Fastän den moderna kantpressen är mer kapabel än någonsin kräver den i princip samma nivå av underhåll som äldre konstruktioner. De områden som är viktigaste för kantpressens funktion är hydraulsystemet, det mekaniska systemet, det elektriska systemet samt verktygen, dvs. dynan och stansen. Till följande beskrivs de viktigaste underhållsåtgärder för att säkerställa en hög driftsäkerhet och lång livslängd för kantpressar.

Visuella inspektioner och kontroller bör göras i början av varje arbetsskift. Maskinen måste vara i rent skick och att verktygen hela och utan några slags deformationer. Ifall maskinen redan är upprustad med ett verktyg från föregående skift måste man kontrollera dynans och stansens läge i förhållande till varandra. Man bör även kontrollera att stopparnas position stämmer överens med avläsningsvärdet för motsvarande axlar. Till sist bör funktionen av fotpedalen och alla indikeringslampor, knappar och nödstopp kontrolleras.

Det är också värt att nämna att innan några underhållsåtgärder påbörjas måste pressmaskinramen stödas på något sätt så att stansen inte slipper att röra på sig. Också det elektriska systemet bör fränkopplas. Dessa åtgärder höjer säkerheten vid underhållsarbeten.

Hydraulsystemet är en av de viktigaste delar i en kantpress. Vanliga enklare inspektioner för hydraulsystemet är:

- Daglig kontroll av oljenivån i oljetanken

- Kontroll av oljenivån i eventuellt system för stans- och matrissspänning
- Kontroll av tätningarna i oljetankens lock samt luftventiler.

Efter cirka 2000 timmars drifttid måste oljans viskositet och kvalitet kontrolleras. Därefter byts oljan antingen ut eller filtreras beroende på resultaten från oljeanalysen. I samband med detta bör följande åtgärder utföras:

- Noggrann rengöring av tanken före påfyllning
- Rengöring eller utbyte av tankens filter
- Kontroll av luftfiltret på tankens lock
- Säkerställning av att ventiler inte överstiger maximalt tryck.

Också skicket på hydraulsystemets anslutningar, det vill säga rör och slangar bör kontrolleras minst en gång i året.

Även kantpressens mekaniska komponenter måste kontrolleras med jämna mellanrum. Viktiga komponenter som måste kontrolleras två gånger per år är kolvbultar, kedjekugghjul och styrare. Annat viktigt som måste tas i beaktande är spänningen hos alla bultar och skruvar i maskinen, ramens styrspele samt smörjning av mekaniska komponenter. Följande komponenter bör smörjas veckovis:

- Ramens styrsystem
- Styransensorer
- Kuggstång och kugghjul
- Kulskruvar
- Styrare och skenor
- Kuggsegment.

Elektriska komponenter måste kontrolleras minst en gång i året. Vanliga åtgärder är:

- Kontroll av anslutningar

- Kontroll av kretskort
- Kontroll av spänningar
- Kontroll av kablar och brytare
- Kontroll av fläktarnas funktion
- Kontroll av maskin- och säkerhetsfunktioner. (Accou, 2011).

3 Metodik

Detta kapitel handlar om examensarbetets praktiska utförande och beskriver hur de resultat som visas i följande resultatkapitlet uppnåddes. I detta kapitel beskrivs projektets inledningsfas, framställning av kravspecifikationen, processen bakom valet av underhållssystem, genomgång av befintliga underhållsplaner samt ibruktagande av det anskaffade underhållssystemet.

3.1 Projektets inledande

Det befintliga underhållssystemets brister hos Welas har under åren speciellt kommit fram i samband med auditeringar. Företaget har fått klagomål om att det nuvarande underhållssystemet är föråldrat och borde moderniseras, men alla auditeringar har ändå hittills blivit godkända, vilket är en av orsakerna till att modernisering av underhållssystemet inte varit av högsta prioritet. Dessutom har det inte funnits tid att ta itu med detta projekt i företaget.

Jag kom personligen i kontakt med företaget Welas Oy Ltd under våren 2023 i samband med letande av ett lämpligt slutarbete gällande slutskedet av studierna i maskin- och produktionsteknik. Ett företagsbesök ordnades av den tekniska ledaren Kari Kivijärvi. Han föreslog att uppgiften skulle handla om att modernisera företagets underhållssystem, vilket jag tackade ja till. Mot slutet av våren inleddes arbetet i samband med ett kickoffmöte mellan mig, den utsedda handledaren för examensarbetet från skolans sida och företagets tekniska ledare. I samband med mötet fastställdes uppgifterna till att anskaffa ett nytt CMMS, ta i bruk systemet samt överföra all tidigare information gällande underhåll till systemet.

3.2 Utformande av kravspecifikation

Det praktiska arbetet påbörjades med att bygga upp en kravspecifikation i Microsoft Excel. Detta gjordes genom att först studera ett antal material från olika källor gällande allmän underhållsteknik samt teori om underhållssystem för att få en grundlig uppfattning om hurdana egenskaper ett bra underhållssystem bör innehålla. När detta var gjort fastslogs vilka egenskaper det anskaffade underhållssystemet skulle ha genom att hålla ett antal

möten med företagets tekniska ledare. Målet var att skapa ett visuellt överskådligt dokument som både visade kraven för underhållssystemet på ett tydligt sätt och vara enkel att ifyllas. Kravspecifikationen gjordes på finska, vilket var tidskrävande, eftersom det innebar översättning av ett antal ovanliga tekniska begrepp.

Kravspecifikationen byggdes upp genom att dela in den i sammanlagt fem olika flikar i Excel. Det anskaffade underhållssystemet skulle innehålla funktioner från tre olika CMMS-moduler. En egen flik skapades åt modulen för anläggningsuppgifter, modulen för arbetsorderhantering och modulen för förebyggande underhåll. Övriga krav för systemet skrevs ner i den fjärde fliken och i den femte fliken skrevs instruktioner för leverantörer om hur dokumentet skulle ifyllas.

I varje flik förutom instruktionsfliken skapades en tabell med olika fält både för alla krävda funktioner gällande flikens huvudområde samt förklaringar till dessa. Också tomma fält skapades i vilka leverantörer skulle fylla i till vilken grad dessa krav kan uppnås. I den fjärde fliken "övriga krav" skapades också skilda tabeller för kostnads- och tidsuppskattningar gällande systemets ibruktagande.

3.3 Val av underhållssystem

Då kraven för underhållssystemet var fastställda listades fem leverantörer av underhållssystem i Finland upp, vartefter kravspecifikationen skickades per e-post till fyra av dessa. Svaren kom snabbt och det visade sig att varje leverantör som kravspecifikationen skickades till uppfyllde alla krav som hade ställts för underhållssystemet.

Följande steg var att hålla möten med de leverantörer som hade svarat på kravspecifikationen. Dessa var korta introduktionsmöten som hölls på distans via Microsoft Teams. Genom dessa möten var det enkelt att få en uppfattning om de olika systemens funktion, egenskaper och även prissättningen mellan leverantörerna. En av leverantörerna lämnades direkt bort på grund av ett mycket högt pris. De två återstående leverantörerna erbjöd oss tillgång till kostnadsfria demoversioner av sina CMMS-program.

En hel del tid spenderades på att pröva demoversionerna genom att bland annat bygga upp maskinregister och underhållsåtgärder av olika slag i programmen. Det visade sig dock

snabbt att båda av de resterande programmen var allt för svåränvända med massa i detta fall onödiga egenskaper och fortfarande en aning för dyra för företagets små behov.

En omfattande efterforskning gjordes och demoversioner för ytterligare ett tiotal program prövades i flera olika prisklasser med leverantörer från runt om i världen. De flesta program hade dock bristande funktioner. Det visade sig vara mycket svårt att hitta ett förmånligt CMMS som både är lämpligt för mindre företag och uppfyller alla de krav som ett bra underhållssystem bör göra. Till sist hittades dock en leverantör i Finland som erbjöd ett CMMS som var både väl lämpat för mindre företag och hade rimlig prissättning.

3.4 Implementering av underhållssystemet

Första steget i implementeringsprocessen var att gå igenom de befintliga förebyggande underhållsåtgärderna och jämföra dem med maskinernas bruksanvisningar. Små avvikelser fanns, men det visade sig att Welas har under en lång tid justerat sina FU-planer enligt maskinernas belastningsgrad, och därför med avseende avvikit från något från bruksanvisningarna. Många av maskinerna körs med rätt låg belastning och därför är det många gånger inte nödvändigt att göra FU-åtgärder så ofta, utan i stället har de mer omfattande underhållsåtgärderna gått mot ett mer tillståndsbaserat underhåll. Endast små förändringar gjordes till de befintliga FU-planerna.

Efter att FU-planerna var granskade skapades ett maskinregister för företagets anläggning. För varje maskin skapades även åtgärder för förebyggande underhåll, de flesta gjordes automatiskt återkommande men en del markerades så att de ska utföras "enligt behov". Även all befintlig underhålls- och felhistorik överfördes från de befintliga dokumenten till det nya underhållssystemet.

4 Resultat

I detta kapitel presenteras resultatet för examensarbetet. I första delen av kapitlet presenteras kravspecifikationen och de viktigaste funktioner och egenskaper av det valda underhållssystemet. I den andra delen av kapitlet visas hur underhållsverksamheten har schemalagts samt hur befintlig information har överförts och systematiserats i underhållssystemet.

4.1 Kraven för underhållssystemet

I samband med anskaffningsprocessen var det sammanlagt tre huvudmoduler som ansågs viktiga. Dessa var anläggnings/maskinregistret, modulen för förebyggande underhåll (FU-modulen) och modulen för arbetsorderhantering. Även ett antal övriga krav som inte hör till någon av huvudmodulerna skrevs ner i en skild flik i Excel-dokumentet. Sådana krav var exempelvis att systemet skulle vara molnbaserat, ha tillhörande mobilapplikation och att systemet skulle vara tillgängligt både på finska och engelska.

Kraven för maskin- och anläggningsregistret var:

- Maskin- och anläggningsregister
- Kritikalitetsklassning
- "Ingår i/består av" analyser
- Anläggningshistorik
- Ritningsregister
- Utredningar.

Kraven för underhållssystemet gällande förebyggande underhåll var:

- Förebyggande underhållsplan
- Instruktionsregister
- Förebyggande underhållslista

- Skapande av arbetsorder för förebyggande underhåll.

Kraven för underhållssystemet gällande arbetsorderhantering var:

- Skapande och informering av ny arbetsorder
- Planering
- Tidsplanering
- Upprepande arbetsorder
- Uppföljning.

Övriga krav för underhållssystemet var:

- Molnbaserad
- Tillhörande mobilapplikation
- Avläsning av QR-koder
- Utvecklingsmöjligheter
- Underhållssystemet och tillhörande support tillgängligt på finska
- Underhållssystemet och tillhörande support tillgängligt på engelska
- Användningsinstruktioner
- Tydlig implementeringsprocess
- Justerbar enligt användarens behov
- Gratis demoversion.

4.2 Kravspecifikationen

Som tidigare nämnt i kapitel 3.2 byggdes kravspecifikationen upp i Microsoft Excel genom att skapa en skild flik åt kraven för varje huvudmodul. En flik skapades alltså åt kraven gällande maskinregistret, kraven gällande modulen för förebyggande underhåll och kraven gällande modulen för arbetsorderhantering. Utöver dessa skapades även en fjärde och femte flik för övriga krav och instruktioner för leverantörer.

I figuren nedan visas kravspecifikationen uppbyggnad och utseende samt fliken för maskin- och anläggningsregistret. På botten av figuren syns även hur alla flikar i dokumentet har namngetts.

LAITOSTIEDOT					
Numero	Toiminto	Selvennys	Saatavuus toimittajalta	Toimittajan ratkaisu sekä tarvittaessa selvennys saatavuudesta	Kommentoitavaa/kysyttävää
11	Laitos- ja laiterekisteri	Hierarkisesti järjesteltävä rekisteri sisältäen laitos- ja laitetiedot, tunnisteen, varusteet, kuvaukset, tekniset tiedot ja sijaintitiedot. Tietokanta huoltoa vaativista tiloista ja laitteista.			
12	Kriittisyysluokittelu	Kriteerien määrittely ja huomiointi. Kriittisiin asioihin vaikuttavien tekijöiden huomiointi. Kriittisyyden vaikutusten huomiointi. Laitteiden ja tilojen arviointi sekä luokittelu. Raportointi ja analysointi tilastojen avulla.			
13	Sisältää/koostuu analyysit	Varaosa- ja asiakirjalista varastoon ja asiakirjarekisteriin kuuluvista artikkeleista ja asiakirjoista.			
14	Laitoshistoria	Merkitävien tapahtumien ja liittyvien tietojen tallennus. Huoltohistoria, kunnossapitotoimenpiteiden ja tarkastusten historia. Muutostiedot, päivitykset, asennukset, laajennukset ja poistot. Muutoksia koskeva dokumentaatio.			
15	Piirustusrekisteri	Rakenne ja pohjapiirustukset, sähköpiirustukset, putkisto- ja ilmastointipiirustukset, kone- ja laitepiirustukset, asennuspiirustukset, LVI-piirustukset.			
16	Selvitykset	Laitteiden käyttöhistoriat, vikahistoria, käyttötunnit, toimintapäivät ja käyttöaste. Raportointi ja raporttien muotoilu, tietojen valinta ja muotoilu visuaalisesti.			

Figur 8. Fliken för maskin- och anläggningsregistret.

Alla flikar för underhållssystemets moduler är i princip identiska, endast med olika krav för underhållssystemet. Den femte fliken "instruktioner" skiljer sig dock från de övriga enligt följande figur:

OHJEET

Toimittaja kuvailee saatavuutta klikkaamalla "**saatavuus toimittajalta**" otsikon alla olevaa ruutua ja valitsemalla luettelosta saatavuustilannetta parhaiten kuvaavan vaihtoehdon.

Luettelossa "**kokonaan**" tarkoittaa, että toiminto on täysin saatavilla vaatimuksen määrittelemällä tavalla ilman muokkauksia. "**Vaatii muokkauksia**" tarkoittaa, että toiminto on mahdollista saada täysin vaatimuksen mukaan, mutta ainoastaan muokkausten avulla. "**Osittain**" tarkoittaa, että toiminto on saatavilla osittain joko ilman muokkauksia tai muokkausten avulla. "**Ei saatavilla**" tarkoittaa, että toimintoa ei ole mahdollista saada ollenkaan missään muodossa, edes muokkauksien avulla.

Toimittajan valitessa vaihtoehdon "**vaatii muokkauksia**" tulee toimittajan kuvailla "**Toimittajan ratkaisu sekä tarvittaessa selvitys saatavuudesta**" otsikon alle saatavuutta ilman muokkauksia sekä millaisia muutoksia vaatimuksen määrittämisen toiminnon saavuttamiseksi vaadittaisiin. Toimittajan valitessa "osittain" tulee toiminnon saatavuutta ja tarvittavia muutoksia kuvailla saman otsikon alle.

Jos jokin vaatimus on epäselvästi tai huonosti määritelty voi siitä vapaasti kysyä "**kommentoitavaa/kysyttävää**" otsikon alle kirjoittamalla.

"MUUT VAATIMUKSET" sivun alimassa osassa on myös taulukko, johon toimittaja täyttää arvion järjestelmän käyttöönottoajasta sekä taulukko, johon annetaan hinta-arvio.

Soluja voi vapaasti suurentaa jos tila loppuu kesken kirjoittaessa.

← ▶ ... | 2. ENNAKOIVA KUNNOSSAPITO | 3. TYÖTEHTÄVIEN HALLINTA | 4. MUUT VAATIMUKSET | **OHJEET** (+) ⋮

Figur 9. Instruktioner för leverantörer.

Instruktionerna ger en noggrann förklaring till hur dokumentet ska ifyllas och speciellt hur underhållssystemets egenskapers tillgänglighet ska beskrivas i dokumentet.

I den fjärde fliken "övriga krav" finns både en tabell för implementeringstiden och en tabell för underhållssystemets priser.

ARVIO KÄYTTÖÖNOTTOPROSESSIN KESTOSTA		
Kertamaksu	Toistuva maksu	Ylläpito kustannukset
HINTA-ARVIO		

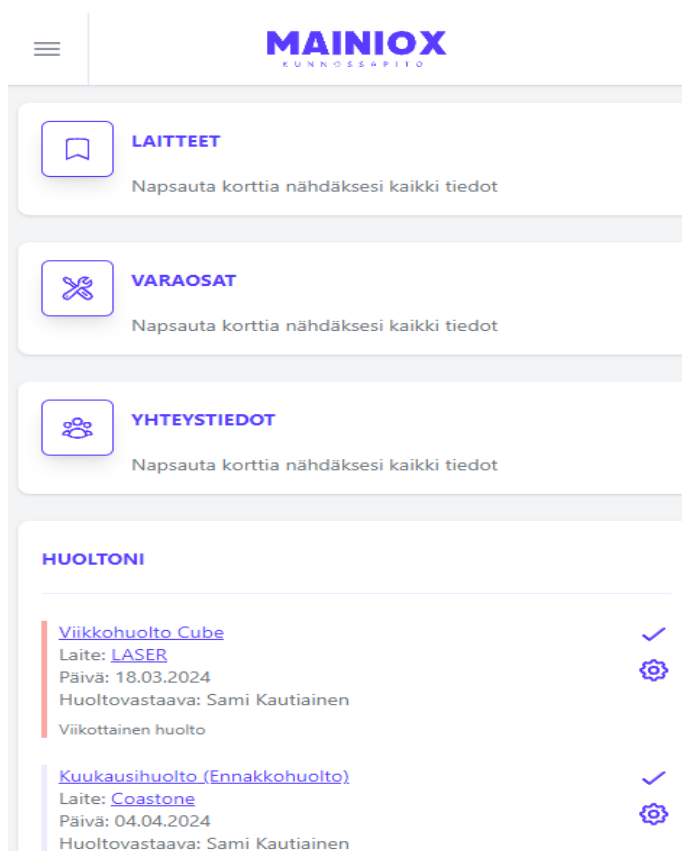
<- Valitse klikkaamalla
<- Kirjoita arvio jos valitsit kyllä

Figur 10. Tabeller i fliken "övriga krav".

4.3 Underhållssystemet

CMMS-programmet som valdes heter Mainiox. Detta program är ett finskt, molnbaserat, användarvänligt, mycket enkelt underhållssystem som trots sitt förmånliga pris har alla de funktioner som ett bra underhållssystem bör ha. Programmet har även en tillhörande mobilapp.

Den första fliken som kommer upp då programmet startas är startsidan, som ger en grov överblick över underhållsverksamheten. Startsidan visas i figuren nedan.



Figur 11. Startsidan av underhållssystemet.

På startsidan finns det länkar till tre moduler, maskinregistret, reservdelsregistret och kontaktuppgifter. Det finns även länkar till aktuella FU-åtgärder, varav försenade är markerade med en röd kant.

Liksom alla andra CMMS-program har även Mainiox ett maskinregister. I maskinregistret listas alla maskiner upp radvis. Maskinerna klassas enligt namn, ID, kategori, märke, modell

och serienummer. Det är möjligt att söka fram maskiner på basis av alla klasser med hjälp av filterfunktionen.



The screenshot shows the 'MAINIOX KUNNOSSÄPITO' interface. At the top, there is a menu icon and the company logo. Below the logo, the word 'LAITTEET' is displayed in blue, followed by a filter icon and a 'Lisää uusi' button. A table lists two machines. The first machine, 'LASER', has ID '002', category 'LASERTYÖSTÖKONE', brand 'IPG', model 'CUBE', and serial number '8403483483048'. The second machine, 'Coastone', has ID '002', category '-', brand '-', model '-', and serial number '828029038290'. At the bottom, it shows 'Sivu 1. Tulos 1 - 20 / 2' and a page number '1' in a blue box.

NIMI ↕	TUNNISTE ↕	KATEGORIAT	MERKKI ↕	MALLI ↕	SARJANUMERO ↕
LASER	002	LASERTYÖSTÖKONE	IPG	CUBE	8403483483048
Coastone	002	-	-	-	828029038290

Figur 12. Maskinregistret.

Då en maskin skapas i maskinregistret skapas också en egen flik för maskinen. Denna flik visar allmän information om maskinen med tillhörande instruktioner och hit kan även bilder och filer uppladdas. Här finns även en underhållskalender samt underhålls- och felhistorik. Också information om reservdelar och kostnader hittas i denna flik.

LASER Muokkaa

Nimi:
LASER

Tunniste:
002

Kategoriat:
LASERTYÖSTÖKONE

Merkki:
IPG

Malli:
CUBE

Sarjanumero:
8403483483048

VIIMEISIMMÄT HUOLTONI

✓

KUUKAUSIHUOLTO
(Ennakkohuolto)
Sami Kautiainen, 20 päivää
sitten

Kulut viim. 12 kk	Kulut viim. 3 kk	Kulut viim. kk
0	0	0
↑ 0 (-%)	↑ 0 (-%)	↑ 0 (-%)

Yhteenveto	Yhteystiedot ja varaosat	Tiedostot	Vikalista	Tulevat huollot	Huoltohistoria
<p>HUOLTOKALENTERI Lisää uusi</p>		<p>ENNAKKOHUOLLOT Lisää uusi</p>			
<p>Viikkohuolto Cube</p> <p>Päivä: 18.03.2024</p> <p>Huoltovastaava: Sami Kautiainen</p> <p>Viikottainen huolto</p>		<p style="text-align: right;">✓ KUUKAUSIHUOLTO ⚙️</p> <p>Toistuvuus edellisestä tehdystä huollosta (päivinä): 30</p> <p>Huoltovastaava: Sami Kautiainen</p>			
<p>KUUKAUSIHUOLTO (Ennakkohuolto)</p> <p>Päivä: 10.04.2024</p> <p>Huoltovastaava: Sami Kautiainen</p> <p>Rasvaa johteet Tarkista laakerit</p>		<p style="text-align: right;">✓</p> <p style="text-align: right;">⚙️</p>			

Figur 13. Exempelflik för en maskin.

Andra flikar som finns i programmet är underhållsfliken som visar alla underhållsåtgärder för alla maskiner på ett och samma ställe, reservdelsregistret, fliken för kontaktuppgifter och fliken för kategorier som används för att klassa maskinerna.

4.4 Underhållets uppbyggnad i systemet

Det fullständiga maskinregistret innehåller tio olika maskiner. Maskinerna valdes att endast klassas genom kategori-funktionen. På detta sätt kan alla maskiner sökas fram genom att endast ändra på en filtreringsinställning. För varje maskintyp har en egen kategori skapats, exempelvis kylare, ram, eller laser. Maskiner som tillhör en större helhet, som exempelvis en laserbearbetningsmaskins kylare, ram och laser har också en gemensam kategori, så att det är enkelt att se vilken maskin som tillhör vilken maskinhelhet.

I maskinens infoplik finns allmän information om maskinen, exempelvis när maskinen har tagits i bruk, vad som bör beaktas vid drift och vilken typ av olja som bör användas. Detta framkommer ur nedanstående figur.

COLDCUTTER RIGHI

Muokkaa

Nimi:

COLDCUTTER RIGHI

Tunniste:

009

Kategoriat:

Mekaniikka

COLDCUTTER

Ohjeet:

RIGHI COLDCUTTER

IPG YLR -400-C:n mekaniikka.

HEIDENHAIN TNC 620

Kestovoidellut, tarkkuushiotut kuulajohteet.

Johteissa kuitenkin on rasvanipat, joista voi prässillä laittaa rasvaa laakereille.

Rasvaksi suositellaan kuulajohteille sopivaa NLGI luokka2

HUOM!

Kiinnitä jatkuvasti huomiota ylimääräisiin vibraatioihin ja ääniin!

Johteiden voitelu 1500 käyttötunnin jälkeen!

"Alustojen" voitelu 2000 tunnin jälkeen!

Figur 14. Infopliken för mekaniken av en laserbearbetningsmaskin.

Varje maskin har en underhållskalender som visar alla kommande underhållsåtgärder. Underhållskalendern och självständigt återkommande FU-rutiner hittas i maskinens flik enligt figur 13. Efter att en FU-åtgärd kvitterats skapas automatiskt en ny FU-åtgärd och den gamla åtgärden flyttas till maskinens underhållshistorik. För nya FU-åtgärder skapas en automatisk deadline beroende på åtgärdens inställda upprepningsintervall. Som exempel har en åtgärd som utförs varje månad en upprepningsintervall på 30 dagar. Underhållsystemet skickar även påminnelser per e-post då en FU-åtgärd närmar sig.

HUOLTOKALENTERI

[Lisää uusi](#)

[Kuukausihuolto \(Ennakkohuolto\)](#)

Päivä: 25.03.2024

Huoltovastaava: Kari Kivijärvi

Tarkista sähkökaapelit ja putket Tarkista paineilmapiiirin suodatin Tarkista savu...



[Puhdistus \(Ennakkohuolto\)](#)

Päivä: 25.03.2024

Huoltovastaava: Kari Kivijärvi

Sähkökaappien imurointi Ilmansuodattimien puhdistus tai vaihto



ENNAKKOHUOLLOT

[Lisää uusi](#)

[Kuukausihuolto](#)

Toistuvuus edellisestä tehdystä huollosta (päivinä): 30

Huoltovastaava: Kari Kivijärvi



[Puhdistus](#)

Toistuvuus edellisestä tehdystä huollosta (päivinä): 180

Huoltovastaava: Kari Kivijärvi



Figur 15. Underhållskalender och självständigt upprepande FU-rutiner för en maskin.

I underhållshistoriken finns alla underhållsåtgärder som gjorts under maskinens livstid. Som tidigare nämnt hittas de kvitterade FU-åtgärder här, men hit kan även övriga underhållsåtgärder skapas i efterhand.

HUOLTOHISTORIA

Tässä näet laitteesi koko huoltohistorian. Lisää huoltomerkintä napsauttamalla alla olevaa linkkiä.

[Lisää uusi merkintä](#)

KUVAUS	SUUNNITELTU HUOLTOPÄIVÄ	SUORITETTU	ENNAKKOHUOLTO
Johteiden rasvaus	28.04.2023	28.04.2023	-
Sähkökaappien ja ilmansuodattimien imurointi	08.10.2022	28.10.2022	-
Johteiden rasvaus	12.04.2022	09.07.2022	-

Figur 16. Underhållshistoriken för en maskin.

Alla fel och störningar som en maskin har haft under sin livstid finns under en skild flik. Felåtgärder kan endast skapas, kvitteras och sparas under denna flik till skillnad från andra underhållsåtgärder.

VIKALISTA

Tässä näet laitteelle kirjatut viat. Kirjaa uusi vika napsauttamalla alla olevaa linkkiä.

[Kirjaa uusi vika](#)

KUVAUS	TÄRKEYS	SUORITETTU
Väljyyttä luultavasti X akselin mekatroniikassa.	Normaali	-
Virheilmoitus	Normaali	01.08.2011
Kontaktihäiriö	Normaali	07.01.2013

Figur 17. Fel- och reparationshistorik för en maskin.

5 Diskussion

I detta kapitel diskuteras resultatet och hur arbetet har lyckats med tanke på projektets syfte och mål. I kapitlet diskuteras även svårigheter som uppstod under projektets gång, vad som gick bra och vad kunde ha gjorts annorlunda. I slutet diskuteras också förslag till vidareutveckling och lärdomar som uppstått under projektets gång.

5.1 Projektets genomförande och resultat

Syftet med examensarbetet var att modernisera informationshanteringen på företaget gällande underhåll genom att anskaffa ett nytt och användarvänligt underhållssystem och på detta sätt göra den befintliga underhållsinformationen samt historiken mer överskådligt. Det förebyggande underhållet skulle även automatiseras genom att göra FU-åtgärderna självständigt upprepande.

Projektet gick inte utan svårigheter och det fanns en del områden som krävde ändringar i handlingssättet för att projektet skulle kunna genomföras. Det absolut svåraste med arbetet var att hitta ett underhållssystem som var lämplig för ett företag i mindre skala och dessutom för ett lämpligt pris. De flesta underhållssystemen på marknaden är mer lämpade för medelstora till stora företag med väldigt många egenskaper som i det här fallet inte alls var nödvändiga. På grund av detta är kostnaderna för implementeringen av dessa system i många fall mångfaldigt högre än vad det skulle ha lönat sig att använda för att uppnå projektets mål.

Uppgörande av kravspecifikationen tog väldigt mycket tid och kunde egentligen ha lämnats bort. De egenskaper som krävdes av underhållssystemet var så vanliga att i praktiken alla underhållssystem på marknaden klarade av dem. Det gick också mycket tid i onödan till att hålla möten med leverantörerna. I stället borde vi direkt ha begärt tillgång till så många gratis demoversioner som möjligt och valt underhållssystemet på det sättet. Med tanke på alla dessa svårigheter och begränsningar i budgeten tycker jag att projektet lyckades väldigt bra och vi hittade ett väldigt prisvärt system med alla de viktigaste egenskaper som krävdes för att uppnå projektets mål.

5.2 Förslag till vidareutveckling

I det valda underhållssystemet Mainiox finns en möjlighet för reservdelshantering. Detta är något som helt lämnades bort ur detta projekt, men i framtiden finns det vid behov en möjlighet att skapa ett reservdelsregister för maskinerna och på detta sätt även att räkna ut reservdelarnas kostnader i sammanhang med underhållen och skapa en bättre bild om underhållets kostnader.

Den anskaffade licensen har ingen gräns för antalet användare som kan inbjudas till systemet. För tillfället har endast företagsledningen tillgång till systemet, men vid behov kunde även resterande personalen bjudas in till systemet. På detta sätt skulle hela personalen ha tillgång till systemet från sina mobilapparater och få tillgång till underhållsrelaterad information.

5.3 Slutord

Detta har varit ett mycket utmanande men lärorikt projekt. Jag har fått omfattande kunskap om industriunderhåll, informationshantering samt kunskap om hur anskaffningsprocesser kan se ut i industrisammanhang. Jag har även fått praktisk erfarenhet om att göra en kravspecifikation och vara ansvarig i en anskaffningsprocess och genom detta blivit bättre på att lösa problem och att ta svåra beslut. Detta projekt har också fått mig att inse hur viktigt systematisering och schemaläggning är, vilket har gjort mig till en mer organiserad person både i privat- och arbetslivet. Jag anser att jag kommer ha stor nytta av dessa kunskaper som jag fått under projektets gång.

Jag vill ge ett stort tack till företaget Welas Oy Ltd för ett flexibelt och vänligt bemötande. Jag vill också skilt tacka min handledare från företagets sida, Kari Kivijärvi, för ett trevligt och fungerande samarbete under projektets gång. Ett stort tack även till min handledare från läroanstaltens sida, Tobias Ekfors, för allt stöd och alla värdefulla tips som jag har fått av honom under projektets gång.

6 Källförteckning

- Accou, B. (2011). *the fabricator*. Hämtat från The fundamentals of press brake maintenance:
<https://www.thefabricator.com/thefabricator/article/bending/the-fundamentals-of-press-brake-maintenance> den 17 Augusti 2023
- Hagberg, L., & Henriksson, T. (2018). *Underhåll i världsklass*. Lund: OEE Consultants AB.
- Järviö, J., & Lehtiö, T. (2012). *KUNNOSSAPITO tuotanto-omaisuuden hoitaminen*. Helsinki: KP-Media Oy.
- Kujanpää, V., Salminen, A., & Vihinen, J. (2005). *Lasertyöstö*. Helsinki: Teknologiateollisuus ry.
- Manufacturing Guide*. (u.d.). Hämtat från Kantpressning | Hitta leverantör, metod & material: <https://www.manufacturingguide.com/sv/kantpressning> den 8 Augusti 2023
- Möller, P., & Jürgen, S. (2006). *Underhållsteknik, faktabok*. Stockholm: Liber AB.
- PINJA. (u.å.). *Kunnossapitojärjestelmän ostajan opas*. PINJA.
- Sintec Optronics. (den 12 Lokakuu 2017). *Air-cooled Laser VS Water-cooled Laser*. Hämtat från <https://www.sintec.sg/ApplicationNotes/308.html> den 9 Augusti 2023
- Smart Family of Cooling Products. (u.d.). *Laser Chiller | STACT Air Cooled Chillers*. Hämtat från <https://www.smartcoolingproducts.com/chiller-applications/laser-chiller/> den 9 Augusti 2023
- Welas Oy Ltd. (u.d.). *Welas Oy Ltd | Lasertyöstön ammattilainen*. Hämtat från <https://www.welas.fi/> den 27 Juli 2023