

Implementering av IoT på kurvsmörjningsapparat

- En förstudie för utveckling av Clicomatic[©]



LUNDS
UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Byggteknik / Järnvägsteknik

Examensarbete:
Anton Ågren

© Copyright Anton Ågren

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Lunds universitet
Box 882
251 08 Helsingborg

LTH School of Engineering
Lund University
Box 882
SE-251 08 Helsingborg
Sweden

Tryckt i Sverige
Media-Tryck
Biblioteksdirektionen
Lunds universitet
Lund 2018

Sammanfattning

Vossloh Nordic Switch Systems AB har utöver växlar och spårmateriell även en kurvsmörjningsapparat kallad Clicomatic[®] i sitt produktsortiment. Apparaten är avsedd för fast montering i järnvägsanläggningar med uppgiften att på utsatta platser applicera friktionsreducerande smörjfett i det aktiva gränssnittet mellan fordon och spåranläggning. Clicomatic[®] utvecklades för decennier sedan som ett led i att effektivisera kurvsmörjning och därigenom minimera slitage av anläggning och fordon. Bakomliggande teori fastställer att smörjbehovet i kurvor varierar kraftigt med skiftande väderlek varvid apparatens befintliga styrsystem översmörjer anläggningen under höst respektive vinter.

Internet of Things (IoT) åsyftar att modernisera industrin genom ökad användning av sensorer samt utbredd kommunikation mellan maskiner och enheter. Vossloh ser i samband med utbredningen av IoT möjlighet att utveckla befintlig produkt och förse denne med ett adaptivt styrsystem vilket anpassar smörjningen efter gällande behov. Till grund för systemutvecklingen krävs en studie över vilka parametrar som bör registreras samt om detektering skall ske på lokal nivå vid var enskild apparat eller om ett fåtal givare kan förse ett flertal enheter med information via nätverksförbindelse. Vidare önskas en kartläggning över de kommersiellt tillgängliga styrsystem som kan implementeras på Clicomatic[®] samt vilka potentiella vinster en produktutveckling medför. Gällande studie avser att svara mot presenterade frågeställningar och därmed utgöra en förstudie för vidare utvecklingsarbete. Ett driftfärdigt styrsystem för Clicomatic[®] faller således utanför studiens omfattning och behandlas eventuellt av Vossloh i ett senare skede.

Inledningsvis presenteras bakomliggande slitageteori, smörjfilmsteori samt vilken påverkan väderlek och klimat utgör för friktionsförhållandet i anläggningen som en introduktion till varför smörjbehov föreligger. Därefter presenteras de krav som ställs på avsedd apparatur och befintlig konstruktion av Clicomatic[®] för att fastställa vilken typ av enhet uppgraderingen åsyftar. Inledningen avslutas med en inblick i begreppet IoT samt en marknadsinventering över kommersiellt tillgängliga styrsystem. De systemleverantörer vilka intervjuats utgörs av Assalub, SKF, Jörgensen Industrielektronik och V-teknik Elektronik, Phoenix Contact samt ABB där det visade sig att endast de två sistnämnda har färdiga systemlösningar för IoT-implementering. ABB:s system är framtaget för drift av storskalig industri medan Phoenix Contacts är adaptivt utifrån föreliggande behov. Studien fastställer att för vidare utvecklingsarbete bör de två leverantörernas system utvärderas grundligare.

Som grund till fastställning av vilka parametrar som skall beaktas samt hur en systemstruktur bör utformas ligger förutom järnvägsteknisk utbildning även en litteraturstudie i smörjtekniik respektive i IoT, intervjuer samt mäss- och studiebesök. Parametrar för fordonsdetektering, kontroll av gällande förhållande, verifiering av träffbild samt nivåkontroll listas med för- respektive nackdelar och slutligen fastslås lämpliga teknikslag för gällande ändamål. Fordonsdetektering bör ske med en vibrationsgivare, gällande förhållande registreras lämpligen med temperaturgivare samt en hygrometer, träffbild kan som option fastställas med inblandning av UV-indikator i smörjfettet och kvarvarande mängd fett mäts fördelaktigt med en lastcell. IoT-implementering på Clicomatic[®] sker i ett inledande skede förslagsvis endast i form av drifts och larmövervakning på distans via molnbaserad datalagring och analysering. I framtiden kan självlärande algoritmer implementeras i systemet. Då gällande smörjbehov tydligt är kopplat till geografiska företeelser förses inledningsvis samtliga enheter med utvalda givare, i framtiden kan kommunikation med externa givare tillåtas då givartätheten i samhället och i infrastrukturen ökat. Systemet kommer därmed främst verka på lokal nivå men samtliga loggade värden sparas i en databas för framtida utvärdering och justering av mängd applicerat smörjmedel. En utförlig bild över tilltänkt systemstruktur återges i Avsnitt 3.4 och Figur 14.

Ett optimerat styrsystem antas medföra förenklat och minimerat underhåll då befintliga underhållsplaner kan förkastas, nödvändiga åtgärder fastställs fortsättningsvis via fjärrövervakning. Även befintlig affärsmodell där en produkt säljs till slutkund kommer förändras, efter att IoT implementerats på enheter kan istället ett värde i form av t.ex. *kurvskrik under XX decibel* eller *garanterat friktionstal på högst XX* erbjudas. Kunden erhåller bekymmersfritt ägandeskap samtidigt som leverantören tillåts öka intäkterna per såld enhet vilket innebär att samtliga parter gynnas. En effektiviserad smörjmetod kommer vidare även få följden att fettkonsumtionen minimeras.

I slutsatsen fastslås det utöver lämplig parameterregistrering och systemstruktur även att IoT-implementering på ej säkerhetsklassade kurvsmörjningsapparater så som Clicomatic[®] kan utgöra ett startskott för utveckling av övrig järnvägsteknisk apparatur. Med anledning av gällande vinster och framtidsvisioner rekommenderas det att Clicomatic[®] förses med ett modernt styrsystem för vidare empiriska studier i verkliga driftförhållanden.

Nyckelord: Internet of Things, IoT, Styrsystem, Kurvsmörjning, Friktionsmodifiering, Friktionsreducering, Clicomatic[®], Optimering, Implementering.

Abstract

In addition to various switch and track materials, Vossloh Nordic Switch Systems AB have a wayside lubrication device, Clicomatic[®] in their product range. Clicomatic[®] is a lubricator intended for fixed installation to mainly lubricate the railway track at exposed sections. Its purpose is to apply grease in the active interface between the vehicle and the track. Clicomatic[®] was developed decades ago to improve the lubrication process and thereby minimize the wear on the track as well as on vehicles. Underlying theory determines that the lubrication requirement in curves varies greatly depending on the prevailing weather and climate, the unit's existing control systems therefore lubricate too much during autumn and winter.

The Internet of Things (IoT) aims to modernize the industry through increased use of sensors as well as widespread communication between machines and devices. Due to the expansion of IoT, Vossloh sees an opportunity to develop the Clicomatic[®] further and provide it with an adaptive control system that adjusts the level of lubrication according to need. This development requires a study of what parameters should be registered as well as whether detection should occur at a local level on individual devices or if a few transducers can provide a number of devices with information via a network connection. Furthermore, a survey of already commercially available control systems that could be implemented on existing units is needed, as well as of the potential added value a product development would lead to. This study will constitute as a preliminary study to base any further development of the Clicomatic[®] lubrication system. Designing an operational Clicomatic[®] control system falls outside of the purpose of this study and may be addressed by Vossloh at a later stage.

Initially, underlying theories about wear, lubrication and the influence of weather and climate on the friction ratio of the wheel and rail contact are presented as an introduction to why lubrication is needed. This is followed by the requirements for lubrication devices and the existing set up and basic layout of the Clicomatic[®]. This will indicate what upgrades are in demand. The introduction also gives an insight into the concept of IoT as well as a list of commercially available control systems for this type of product. For this part Assalub, SKF, Jörgensen Industrietechnik and V-technik Elektronik, Phoenix Contact and also ABB were contacted. Only the last two have complete system applications for IoT-implementation. ABB's system is designed for operation of large-scale industry while Phoenix Contact's is adaptive based on the present conditions. The study shows that for further development work, the two suppliers' systems should be evaluated more thoroughly.

In addition to a railway engineering education a literature study in lubrication techniques and IoT, interviews, lectures and study visits will be used as a basis for determining which parameters should be considered and how a system should be designed. Vehicle detection parameters, controlling current ratio, hit indicator and level control are listed with pros and cons and will be used to finally determine appropriate technology layers for current purposes. Vehicle detection should be performed with a vibration sensor, current condition could be recorded with temperature sensors and a hygrometer, precision of aim and distribution of grease can be determined with an UV-indicator in the lubricant and the remaining amount of grease is measured with a load cell. IoT-implementation on Clicomatic[®] is proposed initially only in the form of remote operation and alarm monitoring via cloud-based data storage and analysis. In the future, self-learning algorithms can be implemented in the system. Due to the fact that current lubrication needs are clearly linked to geographical phenomena, all units are initially assigned to selected sensors. In the future, communication with external sensors can be allowed as the sensor density in society and infrastructure increases. The system will therefore primarily work at local level, but all logged values will be stored in a database for future evaluation and adjustment of lubricant application. A detailed picture of the intended system structure is found in Chapter 3.4 and Figure 14.

An optimized control system will mean a simplified process of maintenance. All current maintenance plans can be replaced since the units will provide data on when maintenance or refill is required. This also changes the current business model where a product is sold to the end customer. After IoT has been implemented on devices, instead, a value in the form of *curve noise below XX decibel* or *guaranteed friction of up to XX* can be offered to the customer. The customer receives carefree ownership while allowing the supplier to increase the revenue per sold unit, which means that all parties benefit. An improved lubrication method will also have the effect of minimizing the grease consumption.

In conclusion, in addition to appropriate parameters, the registration and system structure determines that IoT-implementation on devices in the form of non-safety lubricating grease lubricators such as Clicomatic[®] may be a starting point for development in other railway engineering equipment. Based on current positive effects and prospects, it is recommended that Clicomatic[®] will be provided with modern control systems for further empirical studies in real operating conditions and environments.

Keywords: Internet of Things, IoT, Control system, Curve lubrication, Friction modification, Friction reduction, Clicomatic[®], Optimization, Implementation.

Förord

Ett stort personligt intresse för teknik utgör grunden till att ett examensarbete med teknisk inriktning eftersöktes som avslutning på genomförd utbildning i Järnvägsteknik vid LTH. Vossloh Nordic Switch Systems AB kontaktades i tron att ett arbete eventuellt kunde utformas kring växeldrivet Easyswitch, Vossloh såg ej öppning i nämnt projekt men föreslog ett arbete kring signalsystem för bangårdar. Efter fortsatt diskussion fastställdes det att signalsystemet ej heller utgjorde ämne för ett examensarbete utan istället föreslogs en studie kring implementering av IoT på Clicomatic[®] vilket bevisligen kom att bli det ämne som valdes för gällande studie.

Examensarbetets utformning växte fram efterhand i samråd med handledare från LTH respektive Vossloh och kom slutligen att bli en förstudie för vidare utveckling av Clicomatic[®].

Ett stort tack riktas till **Vossloh Nordic Switch Systems AB** för att ett examensarbete utformades samt för att jag fick möjlighet att följa med till Underhållsmässan i Göteborg och till Kajo-Chemie i Tyskland. Vidare har ett antal nyckelpersoner bidragit med hjälp, handledning och expertis som möjliggjort fortsatt utformning av gällande studie, personligt tack riktas därmed till följande personer:

Paul Abrahamsson på Vossloh som utformat och introducerat mig för examensarbetets omfattning samt agerat närmsta handledare för frågor relaterade till Clicomatic[®]. Abrahamsson har vidare agerat trevligt resesällskap till studiebesöket i Tyskland samt varit tillgänglig för diskussion kring järnvägsteknik i stort.

Ralf Krüger på Vossloh i Ystad som stod för första kontakten med företaget och visade dess verksamhet i ett tidigt skede. Krüger har varit fysiskt tillgänglig och agerat handledare då Abrahamsson varit i Stockholm eller på tjänsteresa. Vidare tog Krüger med mig till Underhållsmässan i Göteborg och har varit tillgänglig för frågor rörande växlar och spårmateriel.

Ingemar Braathen från LTH som varit handledare för examensarbetet och därigenom säkerställt att universitetets intressen beaktats genom snabb återkoppling vid uppkomna frågeställningar.

Dieter Grobler på Kajo-Chemie i Anröchte, Tyskland, som villigt visade upp företagets verksamhet och därmed hur smörjfett produceras. Ett mycket informativt studiebesök som kom att utgöra en betydelsefull del i gällande studie.

Tobias Nordström på Phoenix Contact som med stor entusiasm tog del av gällande problem och därefter diskuterade samt presenterade lämpligt lösningsförslag. Beundransvärt att tid i gällande omfattning avsattes för en examensarbetare från ett annat företag.

Kristian Jörgensen och **Joakim Westesson** på Jörgensen Industrielektronik respektive V-teknik Elektronik som visade upp producerande anläggning i Sjöbo samt delgav kunskap om styrsystem och detekteringsmetoder.

Magnus Furustam på Vossloh som bidragit med information kring utformning av fjärrsystem och IoT.

Niklas Rehn på Assalub, **Roger Lexfors** på ABB och **Janne Westerlund** på SKF som samtliga delgett information om respektive företags utbud av styrsystem.

Malin Jeppås som utan att vara insatt i järnvägsteknik bidragit med kritik och råd gällande det engelska språket vid utformning av examensarbetets abstract.

Avslutningsvis skall det nämnas att val av inriktning för framtiden har på intet sätt varit givet, genomförd järnvägsteknisk utbildning påbörjades av en tillfällighet och ett annat utfall hade medfört att gällande studie ej genomförts. Inför framtidsavgörande vägval har diskussioner med närstående personer uppskattats och tidvis varit direkt nödvändiga. Ett riktigt stort personligt tack riktas därmed till **min familj** samt **Elsa Ramberg med familj** för all stöttning och goda råd.

Anton Ågren
Maj 2018

Innehållsförteckning

1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Problemformulering	3
1.3 Avgränsningar	3
1.4 Metod	3
2 Nulägesbeskrivning	5
2.1 Slitage teori	5
2.1.1 Rälslitage	5
2.1.2 Hjulslitage	7
2.1.3 Avhjälpande åtgärder	8
2.2 Smörjteori	9
2.2.1 Smörjfetts uppbyggnad	10
2.2.2 Tillverkning av smörjfett	11
2.2.3 Tillämpning i järnvägsanläggningar	12
2.3 Väderlekspåverkan	12
2.4 Krav på smörjapparatur	13
2.5 Befintlig Clicomatic®	13
2.5.1 Mekanisk uppbyggnad	14
2.5.2 Styrsystemets uppbyggnad	15
2.5.3 Funktion	15
2.6 Internet of Things	16
2.7 Kommersiellt tillgängliga styrsystem	17
2.7.1 Assalub	17
2.7.2 SKF	18
2.7.3 Jörgensen Industrielektronik AB och V-teknik Elektronik AB	18
2.7.4 Phoenix Contact	19
2.7.5 ABB	21
3 Utformning av styrsystem	22
3.1 Registrering, utvärdering och val av parametrar	22
3.1.1 Fordonsdetektering	22
3.1.1.1 Vibrationsgivare	23
3.1.1.2 Mikrofon	24
3.1.1.3 Lastcell	24
3.1.1.4 Spårledning	25
3.1.1.5 Induktiv givare	26
3.1.1.6 RFID	26
3.1.1.7 Fotocell	27
3.1.1.8 Implementering i ATC-system	28
3.1.1.9 Implementering i ERTMS	29

3.1.1.10	<i>Parameter</i> val	30
3.1.2	Kontroll av gällande förhållande	30
3.1.2.1	<i>Nederbörds</i> mängd och form	30
3.1.2.2	<i>Luft</i> fuktighet och daggpunkt.....	31
3.1.2.3	<i>Temperatur</i>	31
3.1.2.4	<i>Instrålad</i> soleffekt.....	31
3.1.2.5	<i>Lövm</i> ängd.....	31
3.1.2.6	<i>Mängd tidigare applicerat smörj</i> medel	32
3.1.2.7	<i>Skjuv</i> spänning i rälens farbanekant	32
3.1.2.8	<i>Parameter</i> val	32
3.1.3	Verifiering av träffbild	33
3.1.3.1	<i>Laserm</i> ätning.....	34
3.1.3.2	<i>UV</i> -indikator.....	34
3.1.3.3	<i>Parameter</i> val	34
3.1.4	Nivåkontroll	35
3.1.4.1	<i>Last</i> cell	35
3.1.4.2	<i>Flott</i> ör	35
3.1.4.3	<i>Ultraljud</i> och radar	36
3.1.4.4	<i>Tryck</i> mätare.....	36
3.1.4.5	<i>Parameter</i> val	37
3.2	IoT-implementering	37
3.3	Egenkontroll	39
3.4	Systemnivåer	40
4	Potentiella vinster	43
4.1	Förenklat underhåll	43
4.2	Affärsmodeller	44
4.3	Fettbesparing	45
5	Felkällor	46
6	Slutsats	47
7	Referenser	49

1 Inledning

Internet of Things (IoT) är ett teknikslag som avser att föra dagens industri in i en digitaliserad framtid. Apparater och maskiner skall genom att förses med givare och logiska enheter tillåtas kommunicera med varandra via nätverksförbindelse för att optimera drift såväl som underhåll. Fullskalig implementering på och utveckling av produkter kan skapa självlärande enheter som på egen hand väljer handlingsförfarande i en dittills okänd situation utifrån tidigare empiri. Mindre omfattande digitalisering åsyftar istället att centralisera övervakning och drift av enstaka maskiner eller hela industrikomplex på ett gemensamt ställe. Oavsett omfattning på en implementering kommer den traditionella bilden över industrin förändras om IoT vinner mark och visar sig tillföra tilltänk värde för näringsidkare.

Med ett vidare perspektiv kan det fastställas att tekniken torde skapa värde på marknader även utanför industrin vilket Vossloh Nordic Switch Systems AB insett, företaget har visioner om implementering på järnvägsmateriel. Digitalisering av järnväg kan komma förändra bilden av infrastruktur på liknande sätt som förändring förväntas ske inom industrin, kulturen kring järnvägsteknik medför dock att ett digert utvecklingsarbete krävs innan IoT kan driftsättas i Trafikverkets anläggning. Allt förekommande utvecklingsarbete tar sin grund i något och gällande studie avser agera startskott för digitalisering av Vosslohs kurvsmörjningsapparat Clicomatic®.

1.1 Bakgrund

En av järnvägstrafikens många fördelar utgörs av låg energiförbrukning i förhållande till förflyttat tonnage. En besparande faktor är hög verkningsgrad på elektrifierade banor men framförallt låg friktion mellan hjul och räl minimerar energiåtgången. I järnvägstekniska sammanhang omnämns dock sällan storheten friktion vid mätning av motverkande krafter utan istället används begreppet adhesion vilket är den del av gällande friktion som kan tas ut för acceleration respektive retardation av ett spårfordon. Typiskt adhesionsvärde mellan rälets och hjulets torra metallytor brukar anges variera mellan 0,2–0,3 medan värdet sjunker till 0,05–0,2 då organiskt material och fukt återfinns i kontaktytan (Andersson, et al., 2017). Adhensionen varierar som synes beroende på väderlek vilket i sin tur påverkas av årstid och klimat. Trots låga adhesionsvärden erhålles för hög friktion vid körning genom vissa kurvor och sidospår i växlar vilket resulterar i stort slitage på anläggning och fordon samt spridning av buller i form av kurvskrik. För att uppnå önskat friktionsvärde vid gällande punkter måste fiktionskontrollerande medel anbringas vilket vanligen sker genom applicering av olja eller fett i kontaktpunkten mellan hjul och räl. För smörjandet svarar antingen i

anläggningen fast installerade smörjapparater eller utrustning ombord på trafikerande fordon. Behovet av friktionskontrollerande medel varierar beroende på vilken friktionskoefficient som är gällande i en specifik del av anläggningen, i praktiken följer smörjbehovet därmed klimat och väderlek. Vid fuktig väderlek är friktionskoefficienten låg varvid smörjbehov ej föreligger medan förhållandet är omvänt vid torr väderlek.

Vad det gäller fast monterad smörjutrustning förekommer främst två metoder för applicering av friktionskontrollerande medel. En metod utgörs av att utrustning med fettledande skenor monteras på rälsens liv på sådant sätt att fett trycks upp på farkanten då fordon passerar. En annan vanligen förekommande metod för applicering sker genom att fett skjuts på rälsens farkant från en fristående skottventil då fordonspassage föreligger. Clicomatic[®] som ingår i Vossloh Nordic Switch Systems AB:s produktsortiment utgör ett typexempel på den senare typen av appliceringsprodukt, se Figur 1. Apparaten har varit i drift under decennier utan att större produktutveckling skett och därmed är dess logikenhet ålderstigen och omodern. Följden av föråldrad styrutrustning är att mängden fett som appliceras ej kan justeras på annat sätt än manuellt på plats vid varje enskild apparat. I samband med utveckling av IoT ser Vossloh en klar möjlighet till utveckling av befintlig produkt. Grundtanken är att ett modernt styrsystem med möjlighet till fjärrstyrning och väderleksanpassning medför att rätt mängd fett appliceras vid varje given fordonspassage. Rätt mängd smörjning innebär kontroll på friktionskoefficienten mellan hjul och räl vilket medför att förekommande slitage minimeras samt att fettförbrukningen optimeras med miljövinster till följd.



Figur 1 Driftsatt Clicomatic[®] i utförande med dubbla skottventiler.

1.2 Problemformulering

Rälens farkant smörjs i kurvor samt i utvalda växlar för att öka passagerarkomforten och minimera slitage av anläggning respektive fordon vilket medför ekonomiska vinster. Nedanför farkanten förekommer ej något aktivt gränssnitt och därmed uteblir behov av all typ av friktionsmodifiering här. Fett eller olja är ej önskvärd i närheten av rälens farbana då friktionsreducering här kan orsaka start- och bromssvårigheter med stora konsekvenser till följd. Det är således sedan länge känt att smörjmedel bör appliceras mitt i det aktiva gränssnittet mellan räl och hjul för att rätt verkan skall uppnås. Likaså är det i tidigare studier fastställt att smörjbehovet skiljer utifrån varierande faktorer såsom väderlek och nederbörd men i dagens läge finns ingen adaptiv smörjmedelsapplikator som anpassar sig efter omvärlden. För att minimera miljöpåverkande smörjmedelsåtgång samt gällande serviceunderhåll i form av fettpåfyllning och maskinöversyn föreligger ett behov av applikatorer med modernare styrsystem. Ett naturligt led i utvecklingen av kurvsmörjningsapparater så som t.ex. Clicomatic[®] utgörs således av fastställning av vilka parametrar som bör beaktas samt om dessa skall registreras lokalt eller via nätverksbaserade tjänster.

Gällande studie avser att inventera vilka kommersiellt tillgängliga styrsystem som möjligen kan implementeras på befintlig smörjapparat för att utveckling skall möjliggöras samt att identifiera och fastställa vilka parametrar ett system bör beakta. Vidare avses även att utifrån utvalda parametrar utforma en lämplig systemstruktur som fastställer en rekommendation över vilka delar av systemet som skall skötas lokalt respektive via IoT. En avslutande frågeställning utgörs av vilka fördelar en produktutveckling torde ge upphov till i realiteten och om vidare utvecklingsarbete därmed anses befogat.

1.3 Avgränsningar

Studien utgör endast en järnvägsteknisk grund för vidare utveckling av styrsystem för kurvsmörjningsapparat. Framtagande av ett funktionsdugligt och programmerat styrsystem avses således ej. Studien kan följaktligen med fördel betraktas som en förstudie inför en eventuell uppgradering av Clicomatic[®].

1.4 Metod

Inledande information om Clicomatic[®] samt föreliggande förbättringspunkter delgavs av Vossloh i ett initialt skede men grundpelaren i arbetet utgörs av en litteraturstudie genom vilken grundkunskap och teori för ämnet smörjningsteknik inhämtats. Via litteraturen fastställs var och under vilka perioder smörjning krävs samt de slitagemässiga fördelarna som erhålles. Vidare litteraturstudie inom ämnet IoT krävdes för etablering av ett dittills okänt begrepp.

För fördjupning i smörjteknik respektive styrsystemslösningar och IoT besöktes Underhållsmässan i Göteborg. Kontakt etablerades med smörjsystemstillverkare och ett föredrag bekräftade teorin kring smörjnings betydelse. För vidare inblick i ämnet smörjteknik genomfördes ett studiebesök på Kajo-Chemie i Anröchte, Tyskland, där tillverkningsprocessen av smörjmedel visades upp av Dieter Grobler.

Intervjuer har genomförts med representanter från företag som tillverkar styrsystem. Tillverkarna kontaktades och gällande frågeställning presenterades, därefter valde företagen i egen regi ut ett intervjuobjekt med för ändamålet erforderlig expertis. När kontakt upprättats fastställdes tidpunkt för fysiska möten på vilka intervjuerna genomfördes. Intervjuformen som brukades var av öppen karaktär vilket innebär att ett på förhand färdigställt intervjuunderlag ej togs fram, istället formades frågor efterhand som information delgavs. Inledningsvis presenterades befintlig konstruktion enligt Avsnitt 2.5 och därefter delgav respektive företagsrepresentant lösningsförslag utifrån tillgängligt produktsortiment. Intervjuerna fortlöpte i form av en verklighets- och lösningsorienterad dialog med frågor formade utifrån vart företags tekniska lösning. Intervjuerna har syftat till att erhålla kunskap om hur styrsystem är möjliga att bygga upp samt som en marknadsinventering över vilka produkter som finns tillgängliga för ändamålet. Intervjuobjekten utgörs av; Niklas Rehn på Assalub, Janne Westerlund på SKF, Kristian Jörgensen och Joakim Westesson på Jörgensen Industrielektronik respektive V-teknik Elektronik, Tobias Nordström på Phoenix Contact, Roger Lexfors på ABB samt Magnus Furustam på Vossloh.

Genomförd litteraturstudie i kombination med erhållen information från kontaktade företagsrepresentanter och tidigare järnvägsteknisk utbildning ligger till grund för gällande studie. De parametrar som presenteras med för- och nackdelar under Avsnitt 3.1 är framtagna utifrån tidigare erhållen teoretiskt och praktisk kunskap i de fall där källor ej anges. Beslut kring vilka parametrar som skall registreras och hur ett styrsystem lämpligen utformas har fattats på logiska och genomtänkta grunder utifrån befintlig konstruktion av Clicomatic[®]. Förda resonemang samt fastställd slutsats baseras därmed på etablerad teori såväl som på verklighetsförankrad anpassning till befintlig apparatur.

2 Nulägesbeskrivning

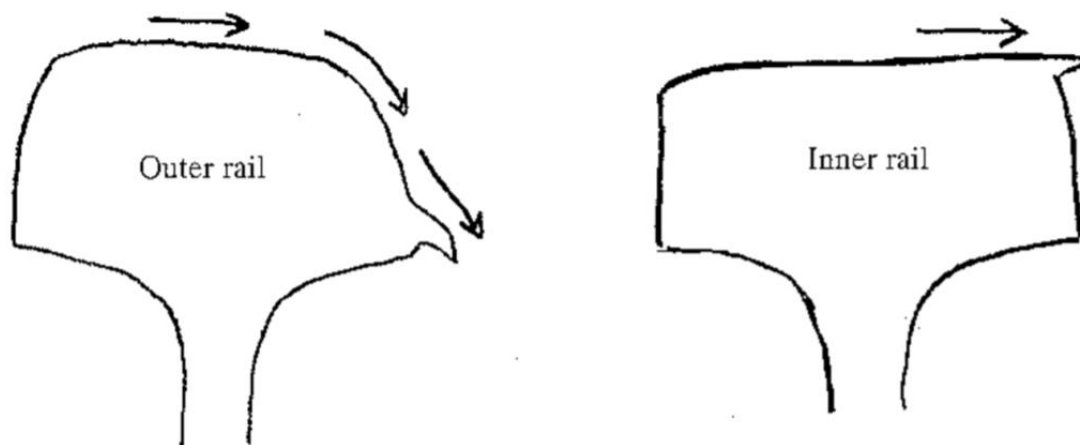
För att fastställa vad som bör beaktas vid utveckling av befintlig apparatur krävs fördjupad inblick i hur järnvägsanläggningar slits, varför smörjbehov föreligger samt hur detta varierar utifrån olika förutsättningar. Vidare är det även av intresse att studera hur friktionsreducerande insatser verkar i järnvägstekniska sammanhang. För produktutveckling krävs även kunskap om vilka krav som ställs på apparatur avsedd för drift i järnvägsanläggningar samt hur befintlig produkt är konstruerad då denna information är grundläggande för eventuell implementering av ny teknik. En inblick i de tekniska lösningar som finns kommersiellt tillgängliga samt vad implementering av IoT innebär erfordras för att föreliggande utvecklingsmöjligheter skall vara möjliga att kartlägga. Nedan ges bakomliggande teori vilken avser ligga till grund för produktutveckling av Clicomatic[©].

2.1 Slitageteori

Vid drift av en järnvägsanläggning är slitage av infrastruktur såväl som spårfordon oundvikligt. Ett kontinuerligt slitage proportionellt mot trafikeringens volym förekommer såväl som en konstant nedbrytning relaterad till klimat och väder. Det trafikberoende slitaget visar sig i form av materialslitage i kontaktpunkten mellan anläggning och fordon medan det väderberoende slitaget orsakas av korrosion. Utöver presenterade konstanta nedbrytningsfaktorer uppstår även slumpmässiga defekter i form av t.ex. fel materialstruktur eller materialbortfall på räil såväl som på hjul. Det trafikala slitaget kan med fördel uppdelas mellan infrastrukturs- och fordonspåverkan (Andersson, et al., 2014).

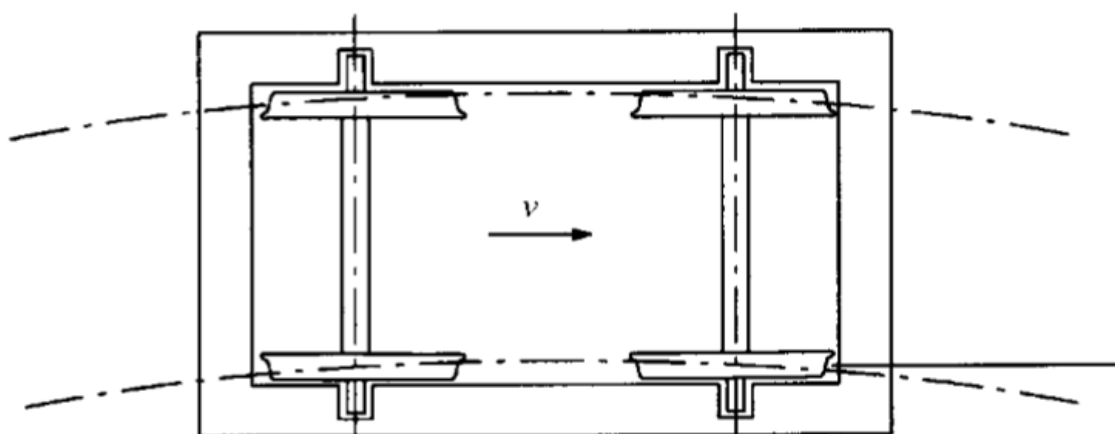
2.1.1 Räilslitage

Hur det kontinuerliga slitaget i infrastrukturen uppträder beror på vilken del av anläggningen som beaktas. Störst slitage uppstår i kurvor och dess karaktär skiljer mellan ytter- och innerräl. Ytterräilens profil påverkas främst genom slitage på dess farkant, kryptkrafter uppstår vid fordonspassage i linje med koniciteten i kontaktpunkten och dessa ger upphov till att material med tiden slits bort samt valsas ner från räilens huvud och bildar ett skägg vilket illustreras till vänster i Figur 2. Kryptkrafterna och därmed det karakteristiska slitaget uppkommer på grund av att passerande fordons löpverk har stor attackvinkel i förhållande till ytterräilen varvid hjulparen passerar kurvan med underradiell inställning enligt Figur 3. Belastningen på ytterräilen blir av gällande anledning påtaglig och med tiden medför slitaget att spårvidden i en kurva ökar (Andersson, et al., 2014).



Figur 2 Karakteristiskt slitage av ytterräl respektive innerräl (Andersson, et al., 2014).

Innerrälens profil kommer främst att påverkas i form av att farbanan slits ned. Ett materialslitage såväl som en lätt utvalsning vid toppen av rälens huvud kommer att uppstå som synes till höger i Figur 2. Även innerrälens slitage härleds till en något underradiell inställning av hjulaxlar vid kurvgång. Krypkrifter kommer även i detta fall att uppstå i linje med koniciteten i kontaktpunkten, vilken dock är mindre på innerhjulet än yttrehjulet varvid krafterna i det närmsta utvecklas horisontellt. Med tiden kan slitaget komma att medföra utmattning av innerräl vilket eventuellt resulterar i materialbortfall eller i värsta fall materialbrott. Storlek och exakt utformning av förekommande slitage beror till stor del på gällande situation, utformning av passerande fordon's löpverk samt om passage sker med rälsförhöjningsbrist eller rälsförhöjningsöverskott utgör påverkande faktorer. För att preventivt minimera slitage används räler tillverkade av legeringar med hård yta samt friktionskontrollerande insatser (Andersson, et al., 2014).

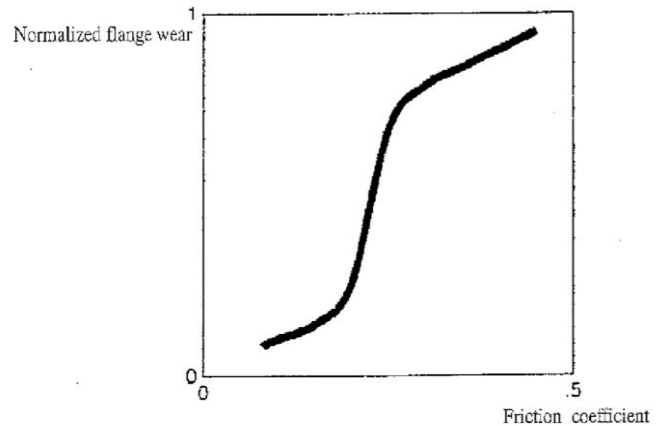


Figur 3 Löpverk med underradiellt inställda axlar (Andersson, et al., 2017).

2.1.2 Hjulslitage

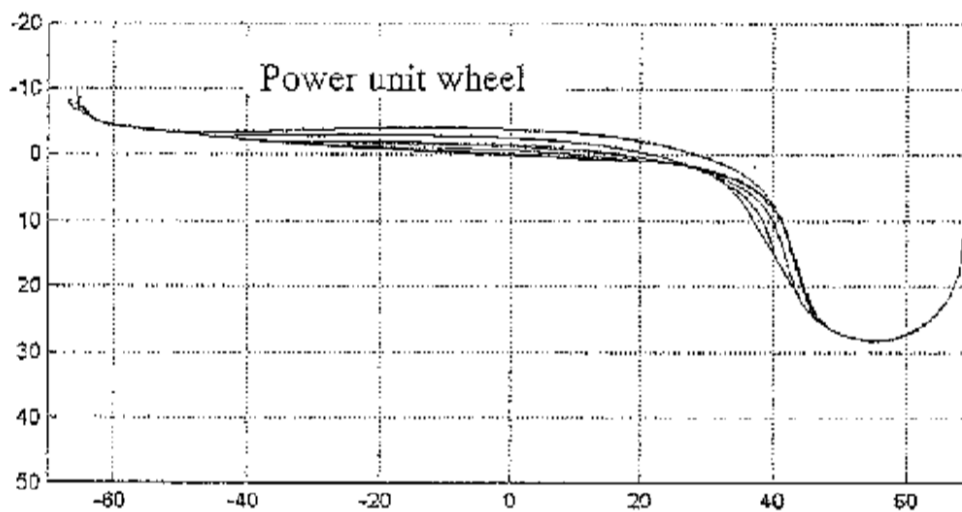
Hjulslitage som påverkar profilen förekommer främst på fläns och slitbana. Slitage på flänsen visar sig genom minskad godstjocklek vilket kan utgöra en direkt hållfasthetskopplad inverkan samt ökad lutning varvid en ogynnsam geometri uppstår som i extremfall kan leda till urspårning. Huvudsakligen

uppstår flänsslitage till följd av att stora krypkrafter uppkommer vid kurvgång med stor attackvinkel mellan hjul och räl. Gällande friktion är starkt kopplad till de krypkrafter som uppstår, hög friktion medför därmed stort flänsslitage medan förhållandet är det omvända vid låg friktion vilket åskådliggörs i Figur 4 (Andersson, et al., 2014).



Figur 4 Normaliserat flänsslitage (Andersson, et al., 2014).

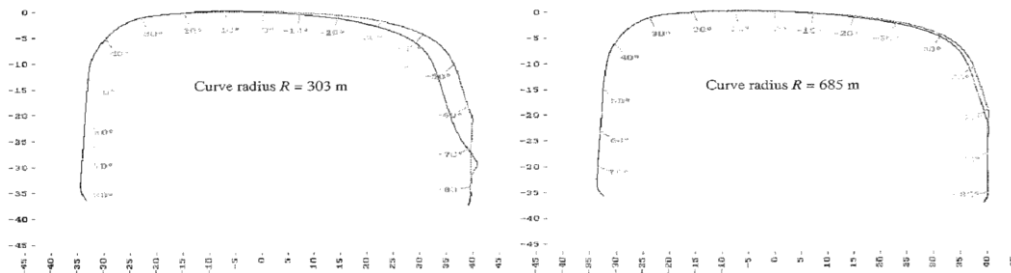
Slitage av slitbanan medför minskad rullradie vilket innebär ökad flänshöjd och flänstjocklek till följd av hjulprofilens geometri. Stora skillnader i rullradie mellan hjul monterade på samma axel eller inom samma traktionsgrupp kan skapa gångdynamiska och tekniska framförningsproblem. Slitage av slitbanan härleds främst till stora normalkrafter vilket är en följd av stora axellaster samt uppkomna krypkrafter. Då krafterna kombineras uppstår en nötande effekt som sliter ner hjulets material. På fordon försedda med blockbromsar nöts hjulens slitbana även ned vid bromsning. I Figur 5 åskådliggörs det slitage som normalt uppkommer på drivande hjul under drift (Andersson, et al., 2014).



Figur 5 Slitage av slitbana (Andersson, et al., 2014).

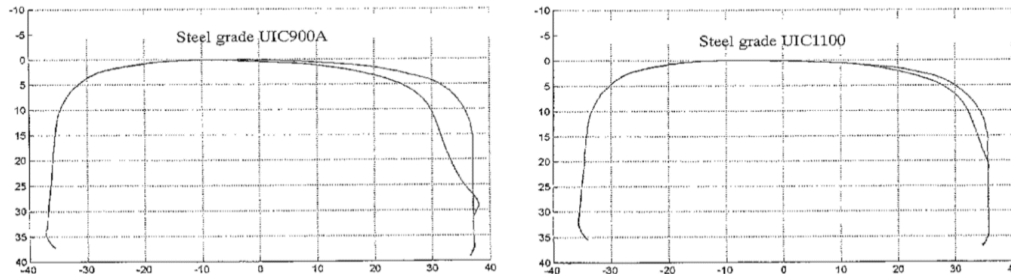
2.1.3 Avhjälpande åtgärder

Utformning av fordons löpverk och kurvors radier utgör faktorer med stark koppling till attackvinkeln vid passage genom kurva och därmed uppkomna krypkrafter. För att minimera slitaget i kurvor bör dessa projekteras med stora radier och fordon förses med mjuka löpverk som tillåter radiell inställning av hjulparen. Slitage relaterat till kurvradien påvisas i Figur 6 (Andersson, et al., 2014).



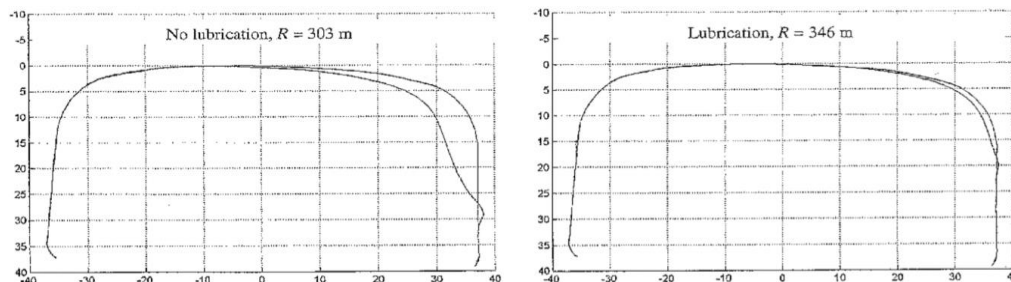
Figur 6 Profilslitage för R=303 m respektive R=685 m (Andersson, et al., 2014).

Även materialval i räl respektive hjul och friktionstal påverkar tydligt omfattningen på det slitage som uppstår. Genom att välja ett hårdare material i spåret minskar slitaget på anläggningen men risk föreligger att problematiken istället förflyttas till fordonssidan. I Figur 7 visas slitageskillnaden mellan två olika rälmaterial efter 12 miljoner bruttotons passage. UIC900A är mjukare än UIC1100 med följden att den förstnämnda profilen slitits avsevärt mer (Andersson, et al., 2014).



Figur 7 Profilslitage för UIC900A respektive UIC1100 (Andersson, et al., 2014).

I de fall där omkonstruktion av fordon respektive rätning av kurvor ej kan genomföras pga. tekniska konflikter krävs andra lösningar. En återkommande slitagehämmande åtgärd i nämnda fall utgörs av friktionsreducerande insatser. Slitageskillnaden mellan en smord och osmord kurva framgår ur Figur 8. En liten radiesskillnad finns mellan kurvorna men denna antas i sammanhanget försumbar (Andersson, et al., 2014).



Figur 8 Profilslitage för osmord respektive smord räl (Andersson, et al., 2014).

2.2 Smörjteori

I vetenskapliga sammanhang omnämns läran om friktion, nötning och smörjning under samlingsnamnet tribologi vilket utgör en viktig parameter då kontaktytor beaktas. Då mekaniskt sammanbundna enheter rör sig i förhållande till varandra uppstår friktion i kontaktpunkten vilken beror på ett flertal faktorer. Ytornas struktur och behandling såväl som lastpåverkan och smörjningsgrad utgör alla tribologiska fenomen. Med anledning av ett flertal ingående diffusa variabler utgör tribologin ett komplext och matematiskt svårberäknat kapitel inom fysiken. Vanligast förekommande tribologiska element utgörs av glidlager, rullager, kuggväxlar, kamaxlar, packboxar och liknande men även kontaktpunkten mellan ett järnvägshjul och räl går att betrakta ur en tribologisk synvinkel. Främsta problemet som uppstår inom tribologin är energiförluster vilket i förlängningen även innebär ekonomiska och miljömässiga förluster (Nationalencyklopedin, 2018).

För att minimera friktion och därmed energiåtgång tillsätts i många fall smörjmedel i någon förekommande form. En applicerad smörjfilms främsta uppgift är att separera mekaniskt sammanbundna föremål från varandra och beroende på resultatet uppstår olika typer av smörjning. Minst friktion uppstår då en fullsmörjning uppnås vilket innebär att smörjfilmen är tillräckligt stark för att fullständigt separera elementen från varandra med följden att dess ojämna ytor ej kommer i kontakt. Motsatsen till fullsmörjning uppstår då en stark smörjfilm ej kan upprättas, ett fenomen kallat för gränsskiktssmörjning träder då i kraft. Vid gränsskiktssmörjning separeras elementens ojämnheter ej och därmed kommer dess yttoppar överföra eventuella laster med nötning till följd. Anbringas en smörjning som uppträder mellan presenterade ytterligheter är det tal om en blandsmörjning varvid smörjfilmen endast bär delar av eventuell last medan yttoppar i kontaktytan bär resterande del, en viss nötning kommer att uppstå. Vilken typ av smörjning som uppstår i ett givet fall beror på en rad faktorer såsom t.ex. viskositet, eventuell rotationshastighet, belastning samt geometri och utformning (Waara, 2000).

Som synes kommer val av smörjmedel och dess viskositet vara starkt kopplat till smörjfilmens bärande förmåga. Generellt gäller att ett smörjmedel med hög viskositet ger en tjock film och därmed hög bärighet medan ett smörjmedel med låg viskositet ger en tunn smörjfilm med låg bärighet till följd. Genom tillförsel av additiv kan de generella förhållandena i viss mån frångås, vanliga additiv för ökad bärförmåga är AW-tillsatser (anti-wear) samt EP-tillsatser (extreme-pressure). Ytorna i kontaktpunkten mellan hjul och räl är grova i förhållande till bearbetade maskinelement i t.ex. en växellåda eller en ottomotor vilket innebär stor ojämnheter i ytskiktet. I dessa förhållanden bär en smörjfilm av olja ej tillräckligt utan istället används tjockare smörjfett.

Smörjfett innehåller även egenskapen att det fastnar bättre på räl och hjul än vad olja gör (Waara, 2000).

2.2.1 Smörjfetts uppbyggnad

Smörjfett är uppbyggt kring en eller flera basoljor så som mineralolja, syntetolja, XHVI-olja eller silikonolja som blandats i rätt proportioner för att önskade egenskaper skall erhållas. För att ytterligare styra fettets egenskaper och därmed anpassa det till önskade användningsområden tillsätts additiver vilka t.ex. kan utgöras av stabilisatorer, grafit, fasta smörjmedel eller molybdendisulfid. Till basoljeblandningen tillsätts även en eller flera förtjockare vilka ger fettets dess karakteristiska konsistens. Normalt består ett smörjfett av 85–90% basolja, 10–15% förtjockare samt 5–10% additiv (Nosab, 2016).

Förtjockarna är vanligen uppbyggda kring alkalimetaller och vilken typ som väljs kommer även det att påverka smörjfettets egenskaper. Vanligt förekommande är litium-, kalcium- och natriumtvål samt litium- och kalciumkomplex men även oorganiska förtjockare förekommer. Litiumtvål används då fettets skall brukas inom ett brett temperaturområde och god mekanisk stabilitet eftersöks. Kalciumtvål har sämre mekanisk stabilitet men bättre motstånd mot vatten, således är lämpliga användningsområden för fetter uppbyggda kring denna tvål fuktiga miljöer utan stor mekanisk påverkan. Smörjfett uppbyggt kring natriumtvål erhåller en karakteristisk trådstruktur vilket minskar pumpbarheten. Natrium absorberar dock vatten bra vilket medför att fettets erhåller fördelaktiga korrosionshämmande egenskaper. De komplexa förtjockarna är uppbyggda kring en metallbas som har modifierats för att höja droppunkten, vilket är den temperaturpunkt då ett fett utifrån ett givet testförfarande övergår till flytande tillstånd. Oorganiska förtjockare består vanligen av lerbaser vilket ger fettets god lastbärande förmåga samt höga temperaturgränser (Nosab, 2016).

För att ett fett skall fungera så som erfordras krävs det att en liten andel olja separerar från förtjockare och additiv, problem uppstår dock då oljeseparationen blir allt för påtaglig. Olja separerar främst från fettets övriga beståndsdelar då det utsätts för höga tryck. Om separationen blir för stor i ett slutet smörjsystem föreligger risk för att förtjockaren bildar proppar i ledningar och liknande (Nosab, 2016).

Smörjfett är en icke-newtonsk vätska vilket innebär att dess viskositet är beroende av gällande flödes hastighet. För att definiera fettets interna motstånd mot flöden används istället en skenbar viskositet som fastställs vid en given temperatur och flödes hastighet. Ett smörjfettets pumpbarhet beror ej enbart på den skenbara viskositeten utan även på konsistens, vilken förtjockare som använts, vilken basolja fettets är uppbyggt kring samt gällande smörjsystems

uppbyggnad. Ett smörjfetts konsistens beror främst på val av förtjockare vilken kommer att avgöra om fettets blir styvt eller vekt. För att skilja fett från varandra har konsistenstalet NLGI införts. Klassningen baseras på hur långt en kon sjunker i en behållare utifrån ett givet provningsförfarande. Klassningen sträcker sig från 000–6 där högre värde tilldelas styva fetter (Nosab, 2016).

2.2.2 Tillverkning av smörjfett

Metoden för framställning av smörjfett skiljer beroende på vilken kvantitet som skall produceras. Stora kvantiteter produceras på lina liksom all annan serieproduktion medan små mängder tillverkas i satser. Vid serieproduktion tillsätts smörjfettets beståndsdelar kontinuerligt vid rätt tillfälle i produktionslinjen och ut kommer ett konstant flöde av färdigt smörjfett. Satstillverkning innebär att en sats framställs och därefter kan produktionen ställas om för tillverkning av ett smörjmedel med andra egenskaper. Smörjfett avsett för friktionsreducering i kontaktpunkten mellan hjul och räl applicerat med Clicomatic[®] måste hålla konstant konsistens inom normal driftstemperatur vilken anses variera mellan -30°C och +30°C för att korrekt träffbild skall garanteras. Fett avsett för detta temperaturintervall utgör ej ämne för serietillverkning och tillverkas således i satser (Grobler, 2018).

Processen vid satstillverkning skiljer sig från serietillverkning då endast en förbestämd mängd av fettets beståndsdelar skall blandas samman. I tillverkningsprocessens initiala skede förbereds fettets förtjockare. Basen till förtjockaren utgörs som presenterats i Avsnitt 2.2.1 av alkalimetaller vilka levereras till produktionen i porös fast aggregationsform. Förtjockaren måste inledningsvis sönderdelas vilket görs i en öppen reaktor eller i en trycksatt dito. Vilken typ av reaktor som används avgörs av vilken smörjfettsats som skall tillverkas, en trycksatt reaktor påskyndar processen men är ej brukbar för all typ av förekommande produktion medan en öppen reaktor kräver längre tid för framställning men tillåter tillverkning av alla typer. Oberoende av vilken reaktortyp som brukas tillsätts feta syror och små delar basolja till den sönderdelade förtjockaren innan denne transporteras vidare till ett omrörningskärl. I nämnt kärl tillsätts fettets basolja i önskad mängd samt eventuella additiver och dessa blandas noggrant ut med sin förtjockare. Mängden basolja i förhållande till förtjockare påverkar direkt slutproduktens NLGI-klassning (Grobler, 2018).

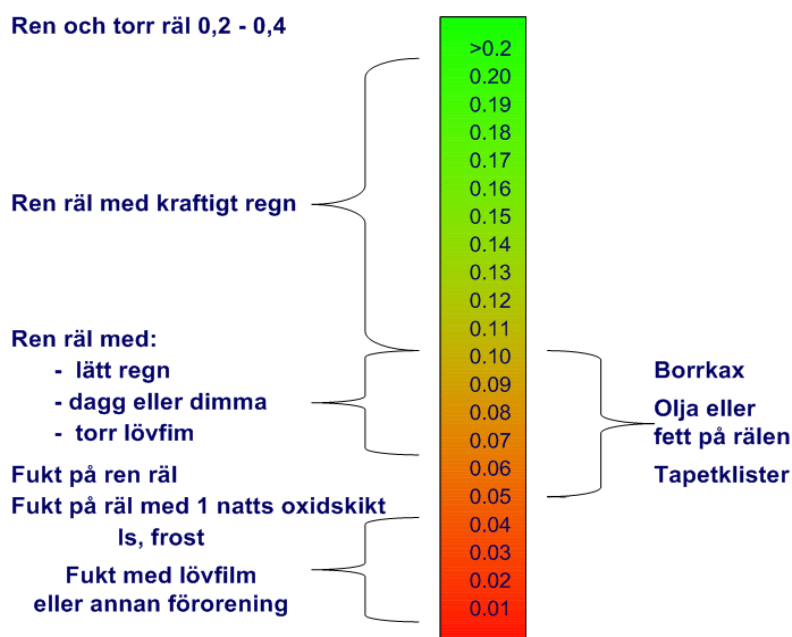
Under blandningsfasen blandas även oönskad luft i fettets vilket medför att de smörjande egenskaperna försämras, blandningen passerar med gällande anledning sedermera en vakuumkammare som evakuerar denna mängd. Avslutningsvis pressas fettets mellan två motsatt roterande koner för att eventuella kvarvarande klumpbildningar och luftbubblor skall malas ner. Slutprodukten är ett homogent smörjfett fritt från luft (Grobler, 2018).

2.2.3 Tillämpning i järnvägsanläggningar

Smörjning bör tillämpas på utsatta platser i järnvägsanläggningar för att upprätthålla optimal funktion. Kontaktytan mellan hjul och räl bör ha slät struktur för att slitaget i gränssnittet skall hållas på en rimlig nivå, om ytorna istället är grova kommer slitaget accelerera varvid driftstiden för komponenter minimeras. Om fett appliceras i kontaktpunkten bildas en bärande film vilken delvis separerar hjul från räl och därigenom säkerställs det att ytorna förblir släta samt att friktionen sänks. För att uppnå önskat resultat måste fettet appliceras på rätt position i gränssnittet mellan fordon och infrastruktur, föreliggande rekommendation för fast installerad kurvsmörjningsapparat är att träffbilden skall justeras till mitten av rälets nötta farkant. Fettet dras därifrån med av fordonets hjulflänsar genom kurvan och därigenom säkerställs en fullgod smörjning för hela körningen (Hammar, 2015).

2.3 Väderlekspåverkan

Gällande väderlek utgör en viktig grundparameter för friktionskoefficientens storlek i kontakten mellan hjul och räl vilket vidare har en direkt koppling till uppkommit slitage på rälets farkant. Torr och varm luft medför ett torrt gränssnitt mellan fordon och anläggning vilket även innebär ökad friktion och därmed ökat slitage. Motsatsen uppstår då omslutande luft i någon form är kall och fuktig, binds fukt till rälets yta minskar friktionen och nötning i gränssnittet minskar (Hammar, 2015). Nämnvärt är att redan vid små fuktmängder nedsätts friktionen i spåret markant vilket framgår i Figur 9 där uppmätta friktionsvärden vid olika förekommande förhållande presenteras. Mätningarna är utförda i Stockholms tunnelbana men likvärdiga förhållande gäller även för andra järnvägsanläggningar.



Figur 9 Friktionsvariation för olika förhållande (Stockholms Lokaltrafik, u.d.).

Det svenska klimatet medför således att slitaget är som störst under vår och sommar för att sedan minska under höst respektive vinter. Trots minskad friktion under årets fuktiga perioder föreligger ibland önskemål om friktionsnedsättande åtgärder, vintertid undviks dock insatser i det längsta då ett eventuellt väderomslag i kombination med fett på rälen med största sannolikhet innebär att minimal traktion erhålles. För att minimera snabb nedbrytning av anläggningen under vinterhalvåret bör dess skick vara gott då friktionsnedsättande åtgärder upphör. Är rälernas ytor väl underhållna och släta vid säsongens början kommer slitaget under vintern förbli lågt, är underhållet istället eftersatt och rälernas ytstruktur därmed grov vid säsongens början kommer ett högt slitage uppstå (Hammar, 2015).

2.4 Krav på smörjapparatur

Smörjapparater avsedda att monteras i spårmiljö och i Trafikverkets anläggning grupperas efter utformning baserat på driftsteknik samt användningsområde. Elektriskt driven apparatur utgör produktgrupp 1 medan mekaniskt driven apparatur utgör produktgrupp 2, användningsområdet baseras på hur lång stäcka en enhet är tänkt att serva. Produktgrupp A är framtagen för korta sträckor med en längd upp till 150 meter, produktgrupp B till medellånga sträckor med längd mellan 300 och 1000 meter och produktgrupp C för långa sträckor på över 1500 meter. Samtliga produktgrupper måste uppfylla fastställda krav vilka i stort innebär att apparater skall; vara brukbara året runt oberoende av gällande väderlek, ej får placeras inom det fria rummet, vara elektromagnetiskt kompatibla (EMC) samt anpassade till standardräl utan att någon form av håltagning vid montage krävs. Smörjtekniskt skall friktionskontrollerande medel appliceras 10 mm under rälens ovkant oberoende av yttre påverkande faktorer, fabrikat av fett och väderförhållande får ej påverka träffbild. Spill skall av miljöskäl minimeras (Asplund, 2016).

Styrtekniskt skall apparater vara försedda med möjlighet till justering av mängd fett som appliceras, samt konstruerade med möjlighet för avläsning av kvarvarande fettmängd. Som tillval för produktgrupperna 1B och 1C skall fjärravläsning för larm om låg nivå erbjudas. Apparaterna skall vara programmerbara via en styrenhet med undantag för produktgrupperna 1B och 1C där denna möjlighet anges som ett tillval (Asplund, 2016).

2.5 Befintlig Clicomatic®

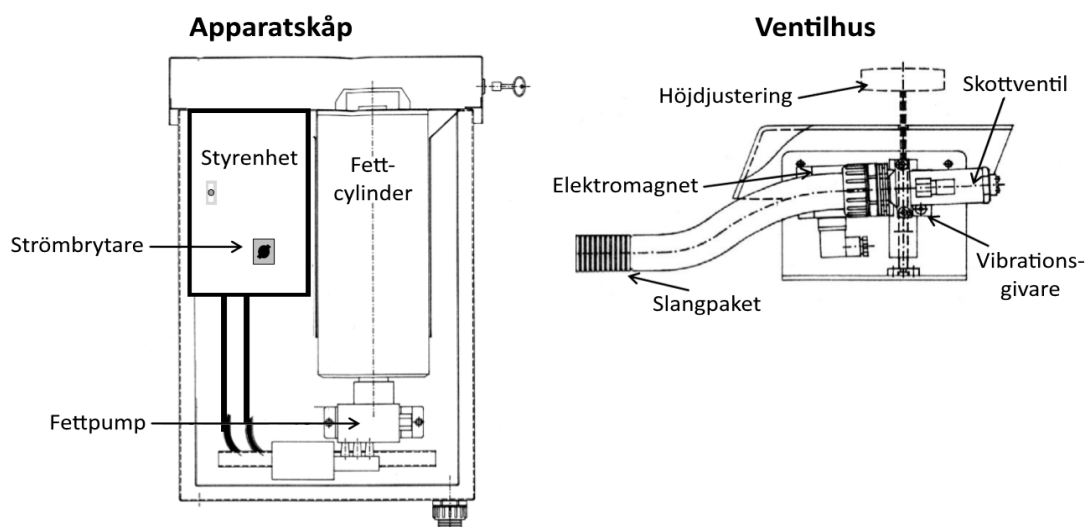
Clicomatic® konstruerades och lanserades som ett led till effektivisering av kurvsmörjning och förekommer i olika kundanpassade varianter vilka främst kan uppdelas i el- respektive gasdrivna apparater. De eldrivna försörjs med kraft antingen genom inkoppling till elnät eller via batteripack vilka laddas av solceller. Gasdrivna varianter trycksätts med gastryck medan styrsystemet

elektrifieras via batterier. Val av driftsmetod beror på gällande förutsättningar där apparaten skall installeras. En av elnätet driven apparat kräver lite underhåll men utgör en desto större investering pga. tillkopplingsavgifter. Väljs istället en batteridrivna variant minskar installationskostnaden då ingen inkoppling till elnät krävs men underhållet ökar något. Gasdrivna enheter har liknande fördelar och nackdelar som solcellsdrivna men tillåts operera där instrålad soleffekt är minimal. De två sistnämnda varianterna används främst då något elnät ej finns inom rimligt avstånd (Vossloh Nordic Switch Systems AB, 2014).

2.5.1 Mekanisk uppbyggnad

Smörjutruset består av ett apparatskåp i plåt och ett ventilhus vilka är förbundna till varandra via ett slangpaket. I plåtskåpet på elektriskt drivna apparater inryms styrenhet, fettcylinder samt fettpump, se Figur 10.

Fettcylinderns utförande i dessa apparater utgörs av en transparent plexiglasbehållare vilken möjliggör visuell kontroll av kvarvarande mängd fett. Cylindern är försedd med en luftventil som säkerställer att atmosfärstryck råder i behållaren då fett pumpas ut via den elektriskt drivna kugghjulpumpen. Till pumpens trycksida är slangpaketet samt en pressostat ansluten. I andra änden av slangpaketet återfinns ventilhuset vilket inrymmer skottventil, elektromagnet samt vibrationsgivare, se Figur 10 (Vossloh Nordic Switch Systems AB, 2014).



Figur 10 Ingående komponenter i Clicomatic® (Vossloh Nordic Switch Systems AB, 2014).

Skåp till apparater i gasdrivet utförande är utrustade med en helsvetsad tryckbehållare istället för plexiglas cylinder vilken trycksätts via en gasflaska för framdrivning av fett till ventilhuset. Behov av fettpump samt pressostat uteblir därmed och dessa monteras ej, istället förses enheterna med batteri för elektrifiering styrenheten. Skottventilhusets utförande är identiskt oberoende av hur enheten drivs. Oavsett utförande monteras skåpet med fördel på befintlig kontaktledningsstolpe om sådan finns i närområdet annars används

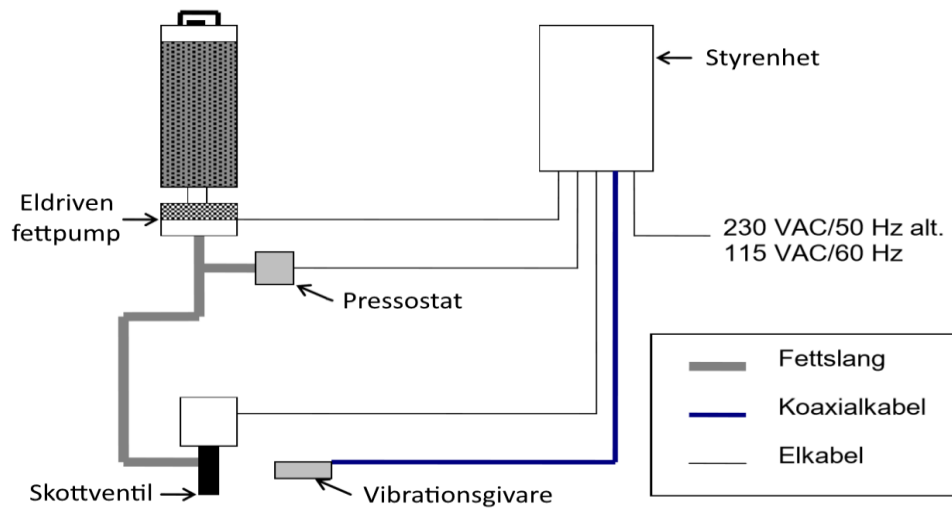
anskaffad rörstolpe. Skåpet skall placeras 2,6 meter från spårmittpunkt för garanterad hinderfrihet (Vossloh Nordic Switch Systems AB, 2014).

2.5.2 Styrsystemets uppbyggnad

Styrenheten utgörs av ett apparatskåp externt försett med display, knappsats samt indikeringsdiod och internt återfinns för elektriskt drivna apparater kraft- samt styrelektronik monterad på kretskort. Kraftelektroniken transformerar nätspänning på 230V/50Hz alternativt 115V/60Hz till 24VDC för fettpumpsdrift samt 9VDC för styrsystemsdrift. Styrelektroniken har till uppgift att hantera signal från vibrationsgivare och pressostat. Utifrån nämnda insignaler styrs tillslag respektive frånslag av fettpumpen samt elektromagneten i ventilhuset. Vidare räknar styrenheten antal avlossade skott för att därigenom beräkna kvarvarande fettmängd. Gasdrivna apparater saknar kraftelektronik och pressostat. Då fordon passerar registrerar vibrationsgivaren vibrationer i rälen och under den tid som givaren ger signal är Clicomatic[®] aktiv, möjlighet till smörjning åligger. Reglering av smörjningsmängd sker genom tidsangivelse, med vilket tidsintervall fettskotten skall avfyras. Då vibrationerna upphör avaktiveras Clicomatic[®] och tidsangivelsen saknar åter betydelse (Vossloh Nordic Switch Systems AB, 2014).

2.5.3 Funktion

I elektriskt drivna apparater byggs ett tryck över fettets nivå på 50–110 bar upp av en kugghjulspump fram till skottventilen. Pressostaten som är monterad på pumpens trycksida ställs till ett önskat brytvärde och då trycket i slangpaketet understiger nämnt värde aktiveras pumpen. Då trycket åter stiger registrerar pressostaten detta och bryter spänningen till pumpen varvid denne stannar. Efter att fettskott avfyrats kommer slangtrycket åter att sjunka varvid pumpen återigen spänningssätts. Skottavfyrning tillåts först då vibrationsgivaren registrerar ankommande fordon via rälen fortplantade vibrationer. Givaren aktiverar Clicomatic[®] och elektromagneten spänningssätts i korta ögonblick. Då elektromagneten drar följer en kolv i skottventilen med varvid ventilen fylls med fett. När spänningen till elektromagneten bryts trycks kolven tillbaka till sitt utgångsläge, fett pressas genom fyra små hål och skjuts iväg. När vibrationerna upphör ges elektromagneten inga impulser. Uppstår defekter på slangpaketet kommer pressostaten aktivera kugghjulspumpen men ett förinställt tidsvärde förhindrar denne från att tömma hela fettcyklern. Gasdrivna enheter registrerar endast vibrationer och skickar impulser till elektromagneten, ytterligare logik finns ej inbyggd. I Figur 11 åskådliggörs en schematisk vy över apparatens beståndsdelar (Vossloh Nordic Switch Systems AB, 2014).



Figur 11 Schematisk vy över Clicomatic® (Vossloh Nordic Switch Systems AB, 2014).

2.6 Internet of Things

Internet of Things är den engelska benämningen på vad som inom svenskan närmast kan kallas för sakernas internet. Det engelska uttrycket är dock vedertaget och framförallt förkortningen IoT brukas. IoT är en lösning där föremål förses med givare och sensorer för registrering av diverse externa och interna fenomen samt möjlighet till att interagera med andra föremål via nätverk. Exempel på extern registrering kan vara lufttryck, temperatur, vibrationer, accelerationer etc. beroende på vilka sensorer ett föremål utrustas med. Intern registrering kan användas för att bedöma föremålets hälsotillstånd och eventuella servicebehov. Beroende på användningsområde utrustas föremål med nödvändiga givare och därigenom uppnås önskad funktionalitet (Sundström, 2016).

Tanken är att ett smartare samhälle skall utvecklas ur IoT-lösningar genom aktiv datainsamling och automatisering av produkter. Skillnaden mot tidigare automationslösningar inom bl.a. tillverkande industri utgörs av att föremål utrustade med IoT skall klara sig på egen hand via sensorer och agera på ett säkert sätt även i miljöer där människor rör sig. I ett flertal förekommande fall krävs information från andra föremål för att säkerställa självständig funktion vilket möjliggörs genom kommunikation föremålen sinsemellan. För interagerande svarar klassiska IT-lösningar vilket möjliggör påbyggnad i befintliga system såväl som utformning av nya dito (Sundström, 2016).

Normalt krävs trådlösa förbindelser mellan enheter kopplade till IoT och vilken typ av nätverksförbindelse som väljs beror på förutsättningar och krav i gällande situation. Avgörande för teknikval är hur stor datamängd som skall transporteras samt föreliggande täckningskrav. Vanligt förekommande trådlösa tekniker för dataöverföring är Bluetooth, WiFi samt GSM förbindelser via 2G/3G/4G. De förstnämnda har låg driftskostnad och

möjlighet till relativt snabb dataöverföring men saknar någon nämnvärd räckvidd. Förbindelser via GSM utgör en kostsammare drift samtidigt som förbindelse mellan geografiskt skilda enheter möjliggörs (Programkontoret för IoT Sverige, u.d.).

Någon klar definition över vad som krävs av ett föremål för att klassas som IoT är ej fastställt men generellt anses fyra beståndsdelar ingå. Utöver sensorer som registrerar fenomen i sin omgivning samt nätverksförbindelse för kommunikation krävs processorer och eventuellt någon form av ställdon. Ett föremåls processor används för att tolka den information som sensorerna registrerar och utifrån inkomna data ta beslut om lämplig åtgärd, processorn utgör således föremålets logiska enhet. Ställdonen används för att utifrån de beslut processorn tagit påverka sin fysiska omgivning (Sundström, 2016). Ett exempel på funktionskedjan kan illustreras av en IoT-enhet för temperaturstyrning i ett värmesystem. Sensorerna kan i nämnt fall utgöras av temperaturgivare för vattensystemet såväl som rumstemperaturgivare samt strålningsgivare som känner av instrålad effekt från solen. Utifrån information från givarna samt förinställda önskade värden beräknar systemets logikenhet med en processor i grunden lämpliga åtgärder. Ställdonet kan utgöras av en proportionell ventil som öppnar eller stänger för uppvärmt vatten som får cirkulera till radiatorer utifrån processorns beslut.

2.7 Kommersiellt tillgängliga styrsystem

På marknaden förekommer styrsystem i ett stort antal utföranden för mängder av applikationer. En del av styrsystemen är direkt framtagna för smörjutröstning medan andra system ej är knutna till någon specifik produkt. Förstnämnda varianten är främst avsedd för av samma tillverkare levererade smörjsystem medan renodlade styrsystem avses implementeras med produkter framtagna av andra tillverkare. En marknadsinventering över tillgängliga styrsystem med eventuell anpassningsmöjlighet till kurvsmörjningsapparater presenteras nedan.

2.7.1 Assalub

Ett svenskt företag som tillverkar och marknadsför produkter för manuell handsmörjning såväl som för automatiserad centralsmörjning finns i Åtvidaberg i form av Assalub. Tillverkaren har historiskt varit verksam inom järnvägsindustrin genom leverans av den smörjutröstning som återfinns ombord på fordonen med littera X2. Till dessa smörjsystem levererades dock endast delar av hårdvaran och ej något styrsystem. Assalubs aktuella sortiment omfattar styrsystem för lokalt belägen centralsmörjning inom industrisektorn men någon koppling till järnvägssektor existerar ej. Implementeringsmöjlighet av nämnt industrisystem på fasta kurvsmörjningsapparater ses i nuläget ej möjligt. För framtida verksamhet anses marknaden dock vara av intresse för företaget (Rehn, 2018).

2.7.2 SKF

SKF är ett företag med verksamhet inom en rad grenar riktat mot industrin. De produkter som utvecklas, tillverkas och saluförs är bl.a. smörjsystem, lager och lagerenheter, mekatroniska lösningar samt ett flertal förekommande tätningar. Totalt är SKF med tillhörande dotterbolag verksamma i ett 130-tal länder inom totalt 40 olika produktsegment. SKF levererar smörjsystem med tillhörande styrsystem för installation på fasta industrimaskiner såväl som centralsmörjningssystem för mobila enheter som t.ex. grävmaskiner och hjullastare. För kontaktpunktssmörjning inom järnvägssektorn tillhandahåller tillverkaren ett antal produkter för fordonsmonterad apparatur såväl som för fasta anläggningar. Sortimentet sträcker sig från egenutvecklade smörjsystem till komponenter för inbyggnad i konkurrerande system (Westerlund, 2018).

De kompletta system som avses monteras ombord på fordon styrs av en logikenhet med möjlighet för registrering av position samt diverse önskvärda signaler. Normalt används mikrofoner och vibrationsgivare för att registrera känsliga punkter i infrastrukturen. Vid körning genom kurvor där smörjbehov föreligger registreras kurvskrik via mikrofoner samt onormala vibrationer via vibrationsgivare och via GPS sparas nämnda punkter för framtida kännedom. När ett fordon når en sedan tidigare känd kritisk punkt skickas signaler från logikenheten till flänssmörjningssystemet vilket i sin tur applicerar smörjmedel på hjulets fläns. Det föreligger ej krav på att samtliga fordon i en fordonsflotta skall vara utrustade med detekteringsutrustning utan det räcker att ett antal enheter utrustas på detta vis, de positioner som kräver smörjning kan delges till samtliga fordon med SKF:s smörjutrustning installerad. För optimal funktion bör fordonen röra sig på samma sträckor i omloppscyklar (Westerlund, 2018).

För att stärka upp fordonsmonterad utrustning saluförs även stationära smörjapparater vilka i nuläget saknar logiskt styrsystem, det är dock tänkbart att återanvända logikenheten från fordonsutrustningen även i stationära applikationer. Logikenheten har ingångar för diverse signalkällor samt möjlighet för tillkoppling av externt GSM modem för långväga kommunikation med enheter. Tack vare enhetens utförande är den således anpassningsbar till diverse kurvsmörjningsapparater genom registrering av önskvärda signaler och styrning av gällande applikator (Westerlund, 2018).

2.7.3 Jörgensen Industrielektronik AB och V-teknik Elektronik AB

Jörgensen Industrielektronik AB förlagt i Kvänum samt V-Teknik Elektronik AB med verksamhet i Sjöbo är två skilda företag med verksamhet inom samma produktområde. Historiskt har företagen konkurrerat med varandra men efter att Jörgensen förvärvade V-Teknik erbjuds gemensamt framtagna lösningar och produkter. Företagen tillhandahåller elektroniklösningar för mobila såväl som för industriella applikationer, fokus ligger på tillverkning av

stabil och driftsäker apparatur avsedd för drift i krävande miljöer. Produktsortimentet sträcker sig från kretskort och hårdvara via kablar och montering till mjukvaruutveckling. Kompletta buss- och styrsystem för entreprenadfordon respektive jordbruksmaskiner utgör exempel på de produkter som utvecklas och tillverkas (Jørgensen & Westesson, 2018).

I produktsortimentet ingår även GSM enheter för fjärruppkoppling till geografiskt avlägsna enheter. Överföringstekniken medför i dagens läge dock ej att enheter är kontinuerligt uppkopplade, tekniken är istället utformad för att tillåta fjärrjustering av parametrar via den egna mjukvaran CanCom på samma sätt som om en kabel anslutits. För att nå en fjärrenhet måste denne ringas upp från en operatör och därefter upprättas en tillfällig förbindelse mellan noderna. Efter justering av önskade parametrar stängs förbindelsen ned. Fjärrenheten har däremot ej möjlighet att upprätta en förbindelse mot operatören och förmedla t.ex. ett driftslarm. På lokal nivå erbjuds styrsystem som hanterar alla på marknaden tillgängliga signalformer men implementering av nättjänster är ej utbyggd. En expansion av produktsortimentet med lösningar för kontinuerlig uppkoppling och flervägskommunikation ses möjlig i framtiden (Jørgensen & Westesson, 2018).

2.7.4 Phoenix Contact

Phoenix Contact etablerades redan år 1923 i den tyska staden Essex men huvudkontoret har sedermera förflyttats till Blomberg. Företaget är idag globalt med verksamhet världen över och i bolaget är totalt 16 500 personer anställda. Verksamhetsområdet täcker all typ av automation och elektroniska lösningar med inriktning mot mobila enheter såväl som industrier. Med ett produktutbud på 60 000 artiklar för den svenska marknaden respektive 100 000 artiklar för den amerikanska marknaden täcks de flesta förekommande applikationer in. Ledord för bolaget är innovation och kvalitet. Innovation syftar till att ständigt blicka framåt, att anpassa och utveckla produktsortimentet för att därigenom erbjuda konkurrenskraftiga produkter. Utveckling får ej stagnera då en stabil produkt utvecklats utan istället bör vidareutveckling ske. För att upprätthålla önskvärd kvalitet väljer Phoenix Contact att bedriva all produktion i egen regi vilket omfattar tillverkning av komponenter ner på skruvnivå. Vidare används även företagets egna styrsystem för produktionslinorna, därigenom säkerställs fullgod driftsäkerhet (Nordström, 2018).

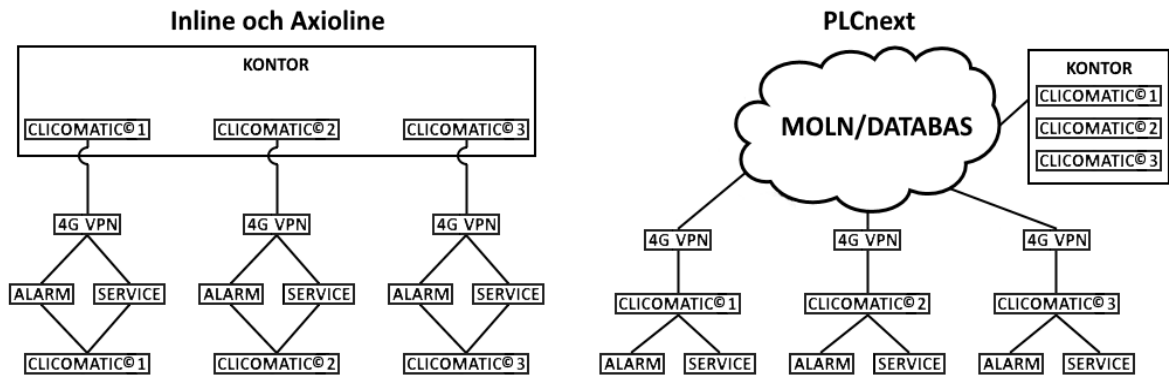
För styrning av en kurvsmörjningsapparat tillhandahåller företaget fyra olika produkter med olika tekniska möjligheter. Vilket styrsystem som är mest lämpligt utgörs av vilka funktioner som eftersöks. Nedan listas företagets rekommenderade alternativ för gällande ändamål.

PLC logic: Insteigsmodellen bland tillhandahållna styrsystem kallas för PLC logic och utgörs som namnet antyder av en PLC-enhet. Enheten är anpassad efter företagets kopplingsplintar och kombinationen bildar en kompakt enhet avsedd för montering på DIN-skena. En PLC logic är fullt programmerbar och klarar av att sköta lokal drift av kurvsmörjningsapparat utifrån diverse sensorers signaler. Möjlighet till nätverksförbindelse existerar dock ej varvid fjärrstyrning ej möjliggörs (Nordström, 2018).

Inline system: Insteigsmodellen bland enheter med nätverksuppkoppling kallas för Inline och består av moduluppbyggt system vilket möjliggör anpassning utifrån vilka ingångar respektive utgångar som krävs. Inline har en inbyggd webserver som kan nå antingen lokalt via nätverkskabel eller via fjärrförbindelse, i det senare fallet måste en komplettering med GSM/3G/4G-router ske. Webbservern möjliggör åtkomst från alla enheter som stödjer HTML5 vilket i praktiken innebär att telefoner, surfplattor och datorer ges tillgång till systemet via installerad webbläsare. Inline kan även programmeras att skicka eventuella driftslarm till en ansvarig operatör. Tekniken tillåter dock ej ett samlat gränssnitt för tvåvägskommunikation med flera i anläggningen placerade apparater utan samtliga enheter måste administreras individuellt (Nordström, 2018).

Axioline system: Steget över Inline systemet utgörs av Axioline vilket innebär ökad processorkraft och annan fysisk utformning. Största fördelen utöver bättre intern prestanda utgörs av att Axioline är designad för montage i krävande miljöer där t.ex. vibrationer och stötar förekommer. Axioline är likt Inline försedd med webserver varvid kommunikation med enheterna sker på samma sätt för båda systemen. Nämnvärt är att avsaknaden av ett gemensamt gränssnitt för flera enheter gäller även för Axioline (Nordström, 2018).

PLCnext: Phoenix Contacts flaggskepp i sammanhanget utgörs av en enhet kallad för PLCnext. Namnet antyder att produkten avser att föra PLC-tekniken vidare till nästa nivå vilket även är fallet. PLCnext är anpassad att klara av ett flertal programmeringsspråk och är därigenom fullständigt anpassningsbar för den uppgift som tilldelas. Program kan skrivas fritt vilket ger PLCnext möjligheter som ej är implementerbara i de lägre serierna. Till PLCnext kan även en molnkopplare anslutas vilken möjliggör uppkoppling till ett moln med möjlighet för datalagring och andra tjänster. I nämnt fall möjliggörs administration och statistikföring över flera i anläggningen placerade apparater under samma gränssnitt. Enheten är avsedd att möta de krav som ställs i samband med implementeringen av industri 4.0 och därmed ursprungligen anpassad för molntjänster (Nordström, 2018).



Figur 12 Systemutformning för Inline/Axioline respektive PLCnext

Som framgår är det endast PLCnext av Phoenix Contacts styrsystem som möjliggör fullständig implementering av IoT. En liknelse kan göras där tidigare styrsystem motsvarar klassiska telefoner medan PLCnext har samma funktionalitet som en smartphone. Skillnaden mellan hur fjärrstyrningssystem kan byggas upp med hjälp av Inline- och Axioline-enheter respektive PLCnext-enheter framgår ur Figur 12. Ett fjärrstyrningssystem anpassat för Inline alternativ Axioline kräver ett flertal mellansteg samt korskopplingar och detta till trots uppnås aldrig den molnfunktionalitet som erbjuds med PLCnext (Nordström, 2018).

2.7.5 ABB

Ett väletablerat företag inom elteknik och automation utgörs av ABB som varit verksamma på marknaden i över 130 år. Företaget bedriver verksamhet i ett hundratal länder med huvudsäte i den schweiziska staden Zürich, antalet anställda uppgår globalt till 135 000 personer och 8 600 av dessa arbetar på den svenska marknaden. ABB strävar efter att vara innovatörer på marknaden och därigenom ligga i framkant med produktutveckling. De senaste 40 åren har stort fokus lagts på utveckling av digital teknik för automatisering av allt från små enheter till stora industrier, produktsortimentet sträcker sig därmed från små enkla PLC-enheter till stora och komplexa system (Lexfors, 2018).

För styrning av Clicomatic[®] rekommenderas istegsmodellen AC500 vilket är en PLC-enhet med möjlighet till nätverksuppkoppling. Enheten klarar med lätthet av att ersätta kurvsmörjningsapparats befintliga styrsystem och därmed överta lokal drift medan komplettering med ett 2G/3G/4G modem krävs för uppkoppling till molnet. I ABB:s produktsortiment återfinns kompletta mjukvaror och systemstrukturer i form av Freelance- samt Scada-system för hantering av ett stort antal givare i komplexa industriinstallationer. Nämnade system antas vara överflödigt kompetenta och därmed kostsamma för gällande applikation, ett mindre omfattande system torde utgöra ett kostnadseffektivare alternativ. Någon färdig lösning för kurvsmörjningsapparater är därmed ej möjlig att presentera (Lexfors, 2018).

3 Utformning av styrsystem

Vid utformning av styrsystem krävs information om vad som skall registreras samt hur inhämtade data skall bearbetas. På den kommersiellt tillgängliga marknaden återfinns ett flertal logiska enheter som hanterar signaler från ett stort antal sensorer vilket innebär att befintligt styrsystem med lätthet kan ersättas på lokal nivå. Med den utveckling som på senare tid skett inom området IoT framtonar nya möjligheter och någon färdig ram för implementering finns ej att tillgå. Det är inte längre givet att all informationsinsamling skall ske på lokal nivå utan gemensamma mätstationer kan användas för styrning av ett flertal enheter. Vidare föreligger även möjlighet för insamling av data relaterat till drifts och tillståndsovervakning av enheter. Innan ett faktiskt och funktionellt system kan produceras och driftsättas krävs kartläggning och specificering över vilka parametrar som är av intresse att detektera samt på vilken systemnivå detektering bör ske. Fastställd strategi över vad som skall detekteras och hur det skall ske kommer sedermera ligga till grund för ren programmering av ett system.

3.1 Registrering, utvärdering och val av parametrar

Oberoende av vilken typ av applikation ett styrsystem skall integreras med krävs uppdaterad information för att det skall tillåtas operera idealt oavsett situation. Informationen som ett styrsystem tilldelas kan antingen komma från lokalt placerade givare och sensorer eller från geografiskt avlägsna dito samt databaser via nätverksförbindelse. Utifrån inkommen information är styrsystemet programmerat att agera på ett givet sätt i gällande situation. Ett stort antal givare torde teoretiskt garantera optimal smörjning men det faktiska utfallet kommer bli ett annat. Flera detektorer som registrerar olika parametrar avsedda att informera systemet om samma driftssituation skapar istället en överflödigt redundans med hög kostnad och krävande programmering till följd.

För att skapa ett kostnadseffektivt och driftsäkert system bör prioriteringsarbete av inkommande signaler minimeras, således förses kurvsmörjningsapparater fördelaktigt med givare vars signaler ej kommer i konflikt med varandra. För ren drift utgör signaler med information om när och i vilken omfattning smörjning skall ske obligatoriska parametrar för att önskad funktion skall upprätthållas medan signaler för verifikation av utförd smörjning och maskinhälsa endast skapar ett mervärde för produkten.

3.1.1 Fordonsdetektering

För att säkerställa att ett smörjsystem är aktiverat och i drift då ett fordon närmar sig en punkt där smörjbehov föreligger bör fordonsregistrering genomföras. Inkommande fordon kan registreras av olika sensortyper beroende på vilken upplösning som eftersöks. Då smörjbehovet i tidigare etablerad teori är kopplat till vilken typ av fordon som passerar bör sensorer

med möjlighet till specificering av fordonstyp användas. Hur stor påverkan fordonstyp i praktiken utgör är omdebatterat men förses systemet med möjlighet till detektering kan funktionen implementeras i ett framtida skede. Genom att ett smörjsystem endast är aktivt då fordonspassage föreligger mineras systemets energiförbrukning och smörjningen blir styrd till antalet fordon som passerar. Nedan presenteras möjliga detekteringsmöjligheter samt dess för- och nackdelar.

3.1.1.1 Vibrationsgivare

Att registrera inkommande fordon med vibrationsgivare är en teknik som redan används i järnvägsapplikationer och framförallt av befintligt styrsystem i Clicomatic[®] vilket tyder på en stabil och driftsäker konstruktion samt minimalt installationsarbete vid en eventuell uppgradering av redan driftsatta enheter. Järnvägsfordon är vanligen tunga vilket i kombination med ojämnheter i kontaktytan mellan hjul och räl skapar påtagliga vibrationer redan vid låg färdhastighet. Vibrationerna fortplantar sig upp i fordonet såväl som ner i rälen och ökad fordonsvikt samt färdhastighet kommer att medföra ökad vibrationsintensitet. Vibrationerna som når rälen fortplantar sig vidare genom stålet framåt såväl som bakåt i fordonets färdriktning, dessa kan registreras med en vibrationsgivare placerad i anläggningen och därigenom registreras passage. Höghastighetsfordon respektive tunga fordon avsedda för godstransport skapar karakteristiska vibrationer vilket medför att fordonstyp går att urskilja med den precision som eventuellt kan komma att krävas för applikationen, noggrannare upplösning anses ej relevant i sammanhanget. En nackdel med vibrationsgivare är att all typ av vibration registreras, problem har tidigare förekommit där djur fattat tycke för smörjfettets smak och lärt sig hur systemet aktiveras. För att undvika oavsiktlig uppstart av enheten krävs förregling i systemet som säkerställer att endast rätt frekvenser registreras och därigenom skyddas djurlivet.

Fördelar:

- Ett redan etablerat system talar för tillförlitlig funktion.
- Lösningen finns redan i anläggningen och således kan den återanvändas vilket medför kostnadsbesparing.
- Möjlighet till detektering av olika fordonstyper.

Nackdelar:

- Allt som skapar vibrationer aktiverar systemet. Slår större djur emot givaren kommer systemet att aktiveras, förregling krävs.
- Urskiljning av fordonstyp via vibrationsfrekvenser kan ej göras med hög upplösning, endast tung trafik kan skiljas från lätt och snabbgående.

3.1.1.2 Mikrofon

Mikrofoner används i ett flertal förekommande sammanhang för detektering av uppkommit ljud som fortplantar sig och färdas i luften. Järnvägstrafik anses under normal drift tyst medan körning genom kurva genererar karakteristiskt kurvskrik som med lätthet uppfattas av en mikrofon. Registreras kurvskrik föreligger normalt smörjbehov och således kan dessa signaler användas för att aktivera ett smörjsystem. Detekteringsmetoden medför dock att smörjning beordras först då gällande friktion är hög vilket i praktiken innebär att åtgärder sätts in i ett för sent skede. Tekniken säkerställer därmed ej ett jämt friktionsvärde på rälen och kan ej betraktas som optimal. Mikrofondetektering används ombord på fordon för att registrera kritiska punkter längs med infrastrukturen, denna egenskap utgör dock ej fördel för stationär apparatur då enheterna redan är placerade där smörjbehov föreligger och ej kan förflytta sig för egen maskin.

Fördelar:

- Registrerar de partier där ett stort smörjbehov föreligger.

Nackdelar:

- Då kurvskrik uppstår har tidigare smörjning varit bristfällig. Ett system som aktiveras utifrån registrerat ljud kommer följaktligen att beordra smörjning först då friktionen är hög, ett visst slitage föreligger därmed.
- Att urskilja passerande fordonstyp utifrån kurvskrik torde svårlöst.

3.1.1.3 Lastcell

En lastcell är en typ av sensor som normalt är uppbyggd kring trådtöjningsgivare eller piezoelektriska element och används för att bestämma krafter. Då en kraft påverkar lastcellen genereras en proportionell signal och utifrån denne kan utfallet åskådliggöras. Då ett spårfordon passerar en punkt påverkas rälen och banunderbyggnaden av en stor normalkraft. Placeras lastceller mellan räl och slipers kan normalkraften och därmed även fordonspassage registreras, följden blir dock digert installationsarbete vid nyinstallation såväl som vid uppgradering av befintliga enheter då elementen måste separeras. Vidare finns ingen garanti för att tekniken kommer vara applicerbar vid alla förekommande driftsituationer då en viss deformation av räl samt stabilt motstånd från slipers erfordras för att korrekta värden skall registreras. Är förutsättningarna de rätta besitter lastcellen dock en förmåga att tydligt och precist urskilja hur tunga passerande fordon är. Passerande vikt är relaterad till slitage och via detektering kan friktionsregleringen korrigeras utifrån gällande förhållande. Uppstart kommer endast beordras av passerande fordon vilket minimerar de förreglingar som krävs i logikenheten.

Fördelar:

- Olika fordonstyper och kombinationer kan med lätthet urskiljas.
- Applicerad smörjmedelsmängd kan anpassas utifrån hur stor last som passerar.
- Endast fordonspassage kommer att aktivera styrsystemet då det fodras en stor last för att lastcellen skall generera signaler.

Nackdelar:

- En stabil banunderbyggnad krävs som rör sig minimalt vid fordonspassage, om denne sjunker vid passage kommer ingen skillnad att uppstå mellan räl och slipers varvid detektering uteblir.
- Lätta fordon böjer eventuellt ej rälen tillräckligt för att detektering skall vara möjlig.
- Lastcellen måste placeras mellan räl och slipers vilket medför omfattande montage.

3.1.1.4 Spårledning

Svensk järnväg är försedd med spårledningar vilket innebär att rälen är elektriskt sektionerad och därigenom kontrolleras var på sträckan ett fordon befinner sig. De sektionerade bitarna spänningssätts och då en fordonsaxel passerar kortsluts I- och S-räl varvid ett relä faller vilket indikerar beläggning. Tekniken utgör säkerhetsklassad hinderdetektering för järnvägens signalsystem varvid implementering av nya funktioner torde mötas av stor skepsis inom branschen. Ett reläs till- och frånslag är dock möjligt för ett styrsystem att registrera varigenom fordonsdetektering kan ske, möjlighet att urskilja olika fordonsslag föreligger däremot ej. En spårledning tillåts i Sverige under särskilda omständigheter vara upp till 2500 meter lång vilket innebär att anläggningen bitvis är grovt sektionerad med begränsad flexibilitet till följd.

Fördelar:

- Spårledningar finns i hela anläggningen och därmed krävs ingen extra sensor för övervakning av fordonspassage.

Nackdelar:

- Spårledningar är en del av järnvägens säkerhetssystem och måste fungera tillfredställande under alla förekommande driftsförhållande varvid inkoppling torde svårt att tillåta. Om inkoppling skall vara genomförbar måste dess påverkan klassas obefintlig på befintlig anläggning.
- Spårledningar är i sammanhanget långa vilket innebär att en beläggning ej fullständigt speglar var på sträckan ett fordon befinner sig.

- Järnvägsanläggningen är bitvis grovt sektionerad varvid optimerad smörjning torde svåretablerad.
- Vid spårarbeten kommer ett styrsystem aktiveras med följden att översmörjning sker.

3.1.1.5 Induktiv givare

En induktiv givare besitter förmågan att identifiera metallföremål utan att direktkontakt krävs. Givaren bildar ett magnetfält kring sensor kroppen och då ett metalliskt föremål kommer i närheten absorberar detta delar av fältet. Givaren registrerar magnetfältsförändringen och indikerar att ett föremål är i dess väg. En induktiv givare kan endast registrera fordonspassage då den placeras så att metalldelar på fordonen kommer i dess närhet. För att passerande hjulflänsar skall vara möjliga att detektera krävs oskyddad placering i nivå med rälets överkant vilket innebär att enheten är utsatt vid underhållsarbete och liknande. Ett alternativ till nämnd placering utgörs av att samtliga passerande fordon förses med järn som sticker ner i nivå där givaren anses skyddad, ett ingrepp som kräver ett ombyggnadsprogram och eventuellt orsakar problem vid körning genom växel.

Fördelar:

- Induktiva givare används i stor utsträckning inom industrin vilket innebär att ett stort utbud av driftsäkra sensorer finns att tillgå.
- Möjlighet att detektera längd på fordon.

Nackdelar:

- En induktiv givare måste placeras så att den kommer i närheten av metall hos passerande fordon vilket i praktiken innebär en hög och oskyddad placering.
- Om detektering ej kan ske på hjulflänsen krävs modifiering av passerande fordon. En bit plattjärn kan användas för att korsa givarens detekteringsområde.
- Olika fordonstyper kan ej detekteras.

3.1.1.6 RFID

RFID är förkortning för Radio Frequency Identification vilket är en teknik som tillåter luftburet informationsutbyte mellan sändare och mottagare på avstånd. Tekniken finns med passiva och aktiva mottagare där de förstnämnda har fördelen att extern strömförsörjning ej krävs samt nackdelen att överföringsavståndet begränsas till 10 meter. För aktiva mottagare är förhållandet omvänt, strömförsörjning krävs och överföringsavståndet ökar. Trafikverket implementerade år 2017 RFID-tekniken för fordonsidentifiering i samband med varmgångs-, hjulskade- och strömvtagardetektorer. Tekniken tillåter att uppmätta skador knyts till ett specifikt fordon eller vagn och därmed kan denna enhet tidigt tas ur trafik för upparbetning. Det är upp till

fordonsförvaltarna att utrusta sina enheter med de passiva RFID-mottagare som anpassats efter Trafikverkets utrustning (Trafikverket, 2016).

Tekniken med RFID-detektering anses i järnvägssammanhang som innovativ och en symbios med kurvsmörjningsapparat för fordonsidentifiering medför ett ökat användningsområde. Nyetablerad teknik i kombination med redan existerande godkännande för användning i spåranläggningar medför ett gynnsamt läge för implementering i annan typ av apparatur.

En stor mängd av de fordon som trafikerar svensk järnväg är redan utrustade med RFID-mottagare vilket medför kompatibelt med kurvsmörjningsapparat uppbyggd kring tekniken. Rullande materiel med avsaknad av RFID-mottagare måste däremot uppgraderas för att fullgod smörjning skall erhållas. Logistiken kring en uppgradering kan komma bli problematisk då några klara direktiv kring ansvarsformen i gällande fall ej fastställts. Främst har fordonsägare, fordonsförvaltare, anläggningsägare, anläggningsförvaltare och tillverkare av smörjapparater intresse i ett fungerande system och någon form av uppökelse mellan dessa intressenter krävs för att detekteringsmetoden skall anses brukbar. Trots att gällande lastmängd ej är möjlig att detektera bör tekniken anses högupplöst då exakt fordonstyp registreras. Utifrån information om fordonstyp kan antagande göras kring gällande lastmängd och hastighet vilket är kopplat till föreliggande smörjbehov.

Fördelar:

- Exakt fordonstyp går att detektera och därmed kan lämplig smörjmängd appliceras för den passerande fordonskombinationen.
- En RFID-sändare kan placeras utan att hamna nära passerande fordon.
- Tekniken har med framgång redan använts av Trafikverket.

Nackdelar:

- RFID kräver att fordon och vagnar är försedda med mottagare, i dagens läge finns inget krav på fordonsförvaltare att förse sina enheter med dessa. Om endast ett fåtal fordon är utrustade med mottagare kommer ej erforderlig mängd friktionsreducerande medel att appliceras.
- De RFID-mottagare som placeras på vagnar innehåller samma information oavsett om enheten är lastad eller ej. Nyttolastens inverkan tas ej i beaktning.

3.1.1.7 Fotocell

En fotocell är en sensor som mäter ljusstyrka och kan därmed användas för att upprätta en ljusbom. Under de förhållande då inget fordon är inkommande når ett konstant ljusflöde till fotocellen och denne kallar ej på någon åtgärd, passerar fordon bryts ljusflödet och fotocellen registrerar därmed fordonspassage. Järnvägsanläggningar utsätts för dimma samt nederbörd i

form av regn och snö vilka samtliga bryter eller blockerar ljus vilket kan komma att påverka driften. Fri sikt krävs för att rätt funktionalitet skall upprätthållas vilket ej kan garanteras i det klimat apparaturen är avsedd att operera i.

Fördelar:

- Beprövad teknik inom industrisektorn, vanligt förekommande för säkerhetslösningar.
- Kan placeras utan att störa fordonsdriften.

Nackdelar:

- Detekterar endast fordonspassage, möjlighet till anpassning efter fordonstyp finns ej.
- Dimma och nederbörd bryter ljus vilket kan komma att påverka enhetens funktion.

3.1.1.8 Implementering i ATC-system

För att förse lok och förare med information om gällande och kommande körbesked används utöver optiska signaler även ett system kallat för Automatic Train Control (ATC) på svensk järnväg. ATC-beskederna talar bl.a. om hur fort föraren får framföra sitt fordon och när signaler står i stopp. Tekniskt förses lokdatoren med information via baliser som placerats i anläggningen. När ett fordon passerar inducerar dess antenn en spänning i baliserna varvid de sänder sin information baklänges till lokdatoren. Spänningen som induceras från fordonsantennen borde vara möjlig att använda för aktivering av andra applikationer än ATC-baliser. ATC-systemet är dock högt säkerhetsrelaterat vid trafikering av järnvägsanläggningen och implementering av ytterligare funktioner torde därmed mötas med skepsis. Konstruktion av enheter som startar upp av signaler från ett passerande fordons ATC-antenn kommer utgöra en stor finansiell post och beaktningvärt i sammanhanget är att tekniken befinner sig i ett utfasningsskede, stora investeringar kan därmed komma att gå förlorade.

Fördelar:

- ATC-systemet har visat sig vara robust och tillförlitligt. Om det är möjligt att implementera fler funktioner i systemet måste de leva upp till gällande standard vilket medför att hög kvalitet krävs.

Nackdelar:

- I dagens läge används ATC-antennen på fordon endast för att aktivera baliser och några andra användningsområden förekommer ej, utveckling av nya produkter krävs.
- ATC-systemet utgör en viktig säkerhetsdetalj för järnvägstrafiken. Att implementera nya funktioner i systemet torde mötas med skepsis.

- Systemet kommer ej ha möjlighet att detektera olika fordonstyper.
- ATC-systemet kommer på sikt fasas ut och ersättas av ERTMS, framtiden för systemet är därmed begränsad.

3.1.1.9 Implementering i ERTMS

European Rail Traffic Management System (ERTMS) är namnet på den tekniska lösning vilken inom snar framtid avses ersätta befintliga signalsystem i Europa. Den huvudsakliga anledningen till att befintliga system skall ersättas utgörs av att trafikering mellan medlemsländer skall förenklas och därmed på sikt tillåtas öka. Med dagens separerade signalsystemslösningar inom Europa är det ej möjligt att använda samma fordon för transport genom samtliga medlemsländer och en gemensam lösning kommer därmed förenkla framtida logistik. Tre systemnivåer med olika teknisk uppbyggnad och funktion finns tillgängligt för upprustning av olika typer av järnvägsanläggningar. Trafikverkets anläggning kommer främst föras med systemnivå 2 vilket innebär att baliser och radionät används för överföring av information gällande t.ex. position och körbesked till radioblockcentral och ställverk.

Då radioblockcentralen har kännedom om ett fordon's gällande position bör information om föreliggande smörjbehov vara möjligt att sända till en kurvsmörjningsapparat via GSM-R förutsatt att enheten försetts med en mottagare för ändamålet. Störst fördel med inbyggnad i systemet utgörs av att standarden är adaptiv efter gällande situation och på sikt kommer täcka hela Europa. Tekniken tillåter detektering av fordonstyp och därigenom kan rätt mängd smörjmedel appliceras. Den trådlösa tekniken medför vidare att eventuellt installationsarbete av enheter är lätthanterligt. ERTMS är likt ATC högt säkerhetsklassat och högsta möjliga driftsäkerhet krävs, därmed torde en implementering mötas med skepsis.

Fördelar:

- Tekniken skall implementeras i hela Europa, en enhetlig standard kan användas.
- ERTMS är nyutvecklat och därmed kan tekniska korrigeringar komma att krävas för ren drift, möjlighet för tillägg av optioner är eventuellt möjlig.
- Fordonsidentifiering är möjlig då tekniken för detta ändamål redan är integrerat i systemet.

Nackdelar:

- ERTMS är säkerhetsklassat och avsett för signalering. Implementering av ytterligare funktioner kan komma att mötas med skepsis.
- Hela anläggningen skall täckas av GSM-R nätet, dock kan radioskugga uppstå. Om så är fallet aktiveras ej gällande apparatur.

3.1.1.10 Parameterval

Skall fordonstyp vara möjligt att urskilja kan mikrofon, spårledning, induktiv givare, fotocell och implementering i ATC-system ej användas varvid teknikslagen ej lämpar sig för applikationen. Nämnade detekteringsmetoder har ytterligare begränsningar vilket styrker bortprioriteringen. De av tidigare presenterade detekteringsmetoder vars teknik tillåter särskiljning av fordonstyp är därmed vibrationsgivare, lastcell, RFID samt implementering i ERTMS.

Utifrån ovan presenterade resonemang bortprioriteras lastcell, RFID samt implementering i ERTMS till förmån för befintliga vibrationsgivare. Främsta anledningen till att vibrationsgivare fortsatt bör användas utgörs av att de visat sig driftsäkra samtidigt som önskvärd funktionalitet uppnås. Ytterligare avancerad teknik tillför ingen önskvärd funktion och därmed kan ett teknikbyte ej motiveras. Signaler från vibrationsgivare kan i framtiden filtreras för detektering av passerande fordonstyp vilket utgör det enda mervärdet övriga teknikslag tillför till Clicomatic[®]. Genom att fortsatt använda befintlig teknik föreligger även möjlighet för utformning av ett kostnadseffektivt uppgraderingsprogram för driftsatta enheter. Lastcell respektive RFID utgör konkurrenskraftiga alternativ men avslås då något mervärde ej presenterats. Implementering i signalsystem bör med bestämdhet undvikas för att dess funktion tillförlitlig skall garanteras.

3.1.2 Kontroll av gällande förhållande

Störst effektiviseringspotential hos befintlig utrustning utgörs av att på ett effektivt sätt möjliggöra identifiering av gällande friktionskoefficient på en given fysisk position. Först då denna information finns tillgänglig och speglar verkligt förhållande kan ett styrsystem fullständigt optimera friktionsreducerande åtgärder. Någon enkel och ekonomisk metod för att direkt mäta friktionen i spåranläggningar finns dock ej att tillgå på marknaden i dagens läge. Ett sätt att indirekt nå ett värde på gällande friktion är genom uppmätning av friktionspåverkande parametrar. Fenomen i spåret kommer att påverka friktionen i olika grad och således måste ett modernt styrsystem rangordna värden från olika sensorer efter hur stor inverkan de har i realiteten. Nedan följer parametrar som rimligtvis bör påverka gällande friktion i spåranläggningen.

3.1.2.1 Nederbördsmängd och form

Enligt teorin är friktionskoefficienten och därmed behovet av friktionsreducerande medel starkt kopplat till gällande väderlek, nederbörd i form av snö och regn kommer således utgöra påverkande faktorer för erforderligt smörjbehov. Genom att mäta nederbördsmängd kan en uppskattning av gällande förhållande på rälen avgöras. Den reglerteknik som finns tillgänglig för växelvärmehantering hanterar regn såväl som snö, regnmängd mäts

direkt medan snö först smälts och därefter mäts vattenmängden. En temperaturgivare används för att avgöra vilken typ av nederbörd som fallit ned. Liknande teknik kan implementeras i styrsystem för kurvsmörjningsapparater, under den tid nederbörd registreras antas friktionen låg och därmed föreligger ej smörjbehov. Minskar uppmätt flöde ökar friktionen i anläggningen och smörjmedel bör åter appliceras.

3.1.2.2 Luftfuktighet och daggpunkt

I Avsnitt 2.3 påvisas att endast små mängder fukt erfordras för att friktionen i järnvägsanläggningar skall påverkas varvid mätning med hög precision krävs. Gällande luftfuktighet har tydlig koppling till friktionsförhållandet i det aktiva gränssnittet och små variationer är möjligt att detektera. För att mäta luftfuktighet bestäms normalt gällande daggpunkt med hjälp av en hygrometer i vilken luft kyls ned till den temperatur då innehållet av vattenånga kondenserar. Genom att jämföra kondenseringstemperaturen med tabellvärde över hur mycket vattenånga som kan absorberas i luften vid gällande temperatur och lufttryck kan ett procentuellt värde över luftfuktigheten fastställas.

3.1.2.3 Temperatur

Gällande temperatur har stark koppling till friktionspåverkande faktorer. Låg temperaturen kan t.ex. användas för att uppskatta nederbördsform, möjlig isbildning samt frostrisk medan hög temperatur antyder till att spåret är torrt. Flera temperaturgivare kan användas för att fastställa lufttemperatur, räls-temperatur, hjultemperatur etc. Temperaturmätning genomförs med väletablerad, enkel och driftsäker teknik vilket är viktiga faktorer för gällande applikation.

3.1.2.4 Instrålad soleffekt

En av de förekommande anledningarna till att våt räl åter torkar upp är genom energitillförsel vilket främst sker via instrålning från solen. Genom att mäta instrålad soleffekt är det möjligt att beräkna hur mycket energi som tillförts i rälerna och därigenom kan en bedömning av ytans fuktighet genomföras.

3.1.2.5 Lövmängd

Ett om hösten vanligt fenomen är lövhalka, löv och annat organiskt material ansamlas i spåret och ovanpå rälerna vilket i praktiken innebär att det aktiva gränssnittet mellan fordon och infrastruktur påverkas. Organiskt material har en friktionsreducerande effekt och mycket låga friktionsvärden träder fram. Löv och annat material kommer att pressas ned i ytan på rälsens huvud då tunga fordon passerar vilket medför att friktionsreduceringen varar långt efter det att löst material försvunnit från gränssnittet. Att mäta mängden organiskt material i spåret torde svårlöst men har en tydlig koppling till gällande friktionssituation. Om teknik för identifiering och mätning tillgängliggörs skapas ett kompetent komplement till andra detekteringsmetoder.

3.1.2.6 Mängd tidigare applicerat smörjmedel

Den mängd fett som tidigare applicerats i förhållande till antalet fordonspassager kan användas för att skapa en översiktsbild över gällande friktionskoefficient. Nämnad beräkningsmetod tar dock ej hänsyn till yttre påverkande aspekter såsom väder och vind, kraftig nederbörd kan t.ex. spola bort applicerat fett. Rent tekniskt kan applicerad mängd fastställas genom övervakning av antalet skjutna skott på samma sätt som befintlig apparatur beräknar kvarvarande fettmängd.

3.1.2.7 Skjuvspänning i rälen farbanekant

Då fordon passerar ett spåravsnitt uppstår skjuvspänning i det aktiva gränssnittet till följd av hjulens roterande rörelse. Krypkrifter uppstår mellan fordon och infrastruktur då hjulens rotationshastighet ej är exakt den samma som fordonshastigheten. Fenomenet uppstår tydligt vid körning genom kurva då hjulaxlar ej tillåts inta fullständig radiell inställning. Storleken på uppkomna krypkrifter samt gällande friktion är relaterat till hur stor skjuvspänning som uppstår i det aktiva gränssnittet. Vid låg friktion byggs endast små krypkrifter upp varvid skjuvspänningarnas storlek är liten, vid hög friktion är förhållandet det omvända. Med möjlighet att mäta uppkommen skjuvspänning i rälen kan ett värde på gällande friktion med i sammanhanget hög noggrannhet beräknas. Nämnvärt är dock att även andra faktorer i form av t.ex. temperatur och spårläge påverkar förekommande spänningar i rälen vilket kan orsaka grund till mätfel. Mätning av skjuvspänning i rälen farbanekant utgör ett innovativt alternativ för beräkning av gällande friktion men teknik för detektering finns dock ej kommersiellt tillgänglig varvid ett system utformat därefter ej kan möjliggöras i dagens läge.

3.1.2.8 Parameterval

Någon färdigutvecklad teknik finns som nämnts ej tillgänglig för mätning av lövmängd respektive skjuvspänning i rälen farbanekant varvid dessa metoder strandas i idéstadiet. Teknik finns däremot tillgänglig för att mäta övriga presenterade parametrar; nederbörds mängd och form, luftfuktighet och daggpunkt, temperatur, instrålad soleffekt samt mängd tidigare applicerat smörjmedel. En optimal samt kostnadseffektiv kombination av dessa parametrar krävs för att önskvärd effekt skall uppnås.

Kurvsmörjningsapparater bör förses med temperaturgivare då uppmätta värden har stark koppling till anläggningens friktionsvärde. Enbart temperaturmätning utgör dock ej tillräcklig informationsgrund för optimal funktion och måste således kompletteras med sensorer för gällande väderlek. En nederbörds mätare kan i kombination med beräkning av instrålad effekt användas för att beräkna fuktillståndet i anläggningen. En differens mellan fallen nederbörd och avdunstning relaterat till instrålad effekt beräknas av styrsystemet för att fastställa gällande situation. Tekniken kräver omfattande

empiriska tester till grund för att en korrekt beräkningsmodell skall vara möjlig att fastställa. Vidare påverkar faktorer så som t.ex. vind hur fort anläggningen torkar upp vilket medför att resultatet ej är tillförlitligt. Systemet kan kompletteras med vindmätare för att kompensera för uppkommen kavitation varvid beräkningsmodellernas komplexitet ytterligare ökar. Krav på ett flertal sensorer samt tvivelaktigt slutresultat innebär att nämnd detekteringsmetod ej bör tillämpas. Används istället en hygrometer för fastställande av daggpunkt kan gällande fuktförhållande fastställas med hög upplösning vilket tillåter ett optimerat smörjschema.

I styrsystemet fastställs empiriskt utvärderade gränsvärden för registrerad luftfuktighet som beordrar respektive förhindrar smörjning. Kombinerad daggpunktmätning med temperaturmätning kan en fullgod bild över gällande vädersituation och därmed även en god uppskattning över friktionen i anläggningen fastställas. Ett komplement till fastställda parametrar för registrering utgörs av loggning av den mängd smörjmedel som applicerats. Styrsystemet erhåller således inte enbart information om gällande väder utan kan även agera utifrån tidigare smörjande åtgärders dignitet. Något fast förhållande mellan vädersituation och tidigare mängd applicerat fett finns ej fastlagt, arbete med intrimning och justering av enheter kommer krävas. Genom att räkna antalet gånger skottventilen försetts med spänning skapas även redundans för valt nivåkontrollsystem.

3.1.3 Verifiering av träffbild

På grund av skottventilen Clicomatic® är försedd med förekommer ingen kontroll av att mängden använt fett motsvarar den mängd som i praktiken nått det aktiva gränssnittet mellan hjul och räl. Genom verifikation av träffbild kan en effektiv såväl som miljövänlig smörjning säkerställas. Då teknik för verifiering ej används på befintlig apparatur kan föreliggande behov ifrågasättas, driftsatta enheter har varit placerade i anläggningen under decennium utan nämnd funktion. En allmän bild över kurvsmörjningsapparater utgörs dock av att dess applicering av friktionsreducerande medel är allt för riklig, att spåret blir för välsmort vilket får till följd att intilliggande komponenter och natur kontamineras.

Genom förbättrad styrning av Clicomatic® minimeras smörjmedelsåtgången och fett hamnar främst i det aktiva gränssnittet varvid kontaminering uteblir. Tidigare problematik som utgjorts av varierande träffbild beroende på omgivande temperatur bör även vara åtgärdat i samband med införandet av ett temperaturstabil smörjmedel. Något stort behov av träffbildsverifiering föreligger därmed ej utifrån presenterade förutsättningar men funktionen torde till trots ej felaktig att implementera vid en uppgradering, nedan följer därmed möjliga verifieringsmetoder.

3.1.3.1 Lasermätning

Beroende på hur mycket det applicerade fettet bygger i höjd bör träffbilderna vara möjliga att verifiera med hjälp av höjdmätning. Den teknik som med fördel används i detta fall är lasermätning, en mätare placeras riktad mot rälets farbanekant och ett referensmått registreras. När fettet applicerats och nått rälen tas ett nytt mått varvid differensen mellan mätningarna indikerar om fettet hamnat på önskvärd position (Jørgensen & Westesson, 2018).

Fördelar:

- Lasermätning utgör en väletablerad teknik inom industrisektorn vilket är fördelaktigt för ibruktagande på järnvägsapplikationer.

Nackdelar:

- Fettet utgör eventuellt ej tillräcklig höjdskillnad för att registrering skall vara möjlig.

3.1.3.2 UV-indikator

Om en indikator för ultraviolett strålning blandas med friktionsmodifieraren kan träffbilderna verifieras med relativt enkla medel. Efter att fettet applicerats belyses smörjområdet med UV-ljus och eventuell reflektion detekteras. Om en tydlig reflektion erhålles kan träffbilderna verifieras och i annat fall har smörjmedlet ej nått den tilltänkta positionen. Utstruket fett kommer ge en viss reflektion medan träffpunkterna tydligare bör åskådliggöras. Funktion i dagsljus kan dock ej garanteras (Jørgensen & Westesson, 2018).

Fördelar:

- Träffbilderna bör vara möjliga att identifiera även om fettet ej bygger ut från rälen.

Nackdelar:

- Specialtillverkat fett krävs vilket kommer medföra stora investeringskostnader men även service- och underhållskostnader antas öka.
- Eventuellt möjliggörs ej identifiering i dagsljus.

3.1.3.3 Parameterval

Träffbildsverifiering kan användas för säkerställning av att smörjmedel hamnar på avsedd plats men även för finjustering av smörjningen. Varje skott applicerat av Clicomatic[®] består av fyra träffpunkter på vardera 0,1 kubikcentimeter fett vilket i praktiken omöjliggör höjdmätning via laser. Om inblandning av UV-indikator i smörjfettet möjliggörs bör smörjpunkterna vara möjliga att beskåda. Efter en tid då rälets ytskikt mätts med smörjmedel kommer en svag UV-reflektion erhållas från det aktiva gränssnittet och därigenom kan ökat respektive minskat smörjbehov fastställas.

Kontroll med UV-indikator skapar redundans för kontroll av gällande förhållande samtidigt som träffbilderna verifieras och därmed tillförs ett ökat värde till apparaten, nämnvärt är dock att nyttan med indikering måste ställas mot den ökade kostnad specialtillverkat fett medför samt eventuell problematik vid avläsning i dagsljus. UV-indikering kan med fördel anses som option till resterande styrsystem.

3.1.4 Nivåkontroll

Främsta underhållspunkten på befintliga enheter utgörs av byte och påfyllning av fettcylindern. För att effektivisera och optimera underhållsåtgärderna är det således av intresse att veta hur mycket smörjmedel som finns kvar i apparaten då det därigenom är möjligt att beräkna när påfyllnad bör ske. Nedan följer alternativa metoder för nivåkontroll av kvarvarande mängd smörjmedel.

3.1.4.1 Lastcell

Ett sätt att mäta kvarvarande mängd fett är genom att väga fettcylindern vilket lämpligen genomförs med hjälp av en lastcell. Utrustning av kurvsmörjningsapparater med nämnd givartyp innebär att ingen modifiering av befintliga cylindrar krävs varvid en upprustning av driftsatt apparatur med enkla medel är genomförbar. Fettcylinderns hela tyngd måste dock bäras upp av lastcellen för att önskad funktion skall erhållas och därmed krävs eventuellt mindre modifiering av befintligt tätningsläge. Omfattningen av nämnd modifiering antas i sammanhanget dock försumbar. Används smörjfett med liknande egenskaper antas densiteten konstant och därmed tillåter tekniken en exakt avläsning av kvarvarande mängd. När fettnivån sjunker minskar cylinderns vikt och via programmering kan fasta larmnivåer fastställas där driftsledning informeras om att påfyllning krävs.

Fördelar:

- Kan användas på el- respektive gasdrivna enheter.
- Ger ett exakt värde på kvarvarande mängd.
- Inget montage i fettcylindrar krävs.

Nackdelar:

- Måste placeras under fettcylindern.
- Resultatet är beroende av fluidens densitet, problem torde uppstå om olika typer av fett används.

3.1.4.2 Flottör

En flottör består av en flytboj som följer ytan hos den vätskenivå som skall mätas. Beroende på hur hög nivå är befinner sig flottören på olika positioner och därigenom registreras gällande höjd. En flottör installeras vanligen från ett kärls ovansida, konstruktionen är av enkel typ vilket skapar hög driftsäkerhet i newtonska vätskor men liknande funktionalitet kan ej garanteras i fett på grund av fluidens konsistens. Smörjfett har god vidhäftningsförmåga varvid

risk föreligger att flottörens flytkropp fastnar i felaktigt läge. Ytterligare problematik kan uppstå vid påfyllning av apparaters behållare, nytt fett kan komma att omsluta flottörens flytkropp varvid dess läge ej speglar fluidens yta, instabil nivåmätning kan därmed förväntas.

Fördelar:

- Förhållandevis enkel att implementera på befintliga enheter. Ingen omkonstruktion av tätningsläget krävs.

Nackdelar:

- Flottören kan ha svårighet att följa ett smörjfetts yta till följd av fluidens konsistens.
- Funktionaliteten under övertryck är okänd. I gasdrivna enheter är fettcylindern ständigt trycksatt och eventuellt påverkar trycket flytbojens nivå.

3.1.4.3 Ultraljud och radar

Nivåmätning med hjälp av ultraljud och radar bygger på samma princip som ett ekolod, ljud eller ljus med en hög frekvens sänds ut och studsar sedan mot ytan på ämnet vars nivå skall mätas och därefter tas reflektionen upp av en sensor. Genom att mäta tidsskillnaden mellan utsänt ljud eller ljus och återkommande reflektion kan avståndet från sensorn till en fluids yta beräknas och därigenom fastställs kvarvarande mängd (Jernkontoret, 2018).

Teknikslagen utgör driftsäkra mätmetoder under normala driftförhållanden men smörjfetts vidhäftningsförmåga kan orsaka problematik. Efter att en behållare en gång fyllts fullständigt föreligger risk att avläsande enhet täcks av fett varvid mätresultat ej kan anbringas.

Fördelar:

- Fungerar för el- såväl som gasdrivna enheter då det finns möjlighet att mäta nivå även i trycksatta kärl.

Nackdelar:

- Befintliga kärl måste förses med anslutningsmöjlighet för givare.
- Givare kan täckas med fett varvid tillförlitliga mätresultat uteblir.

3.1.4.4 Tryckmätare

De vanligast förekommande nivåmätningarna inom industri- och lantbrukssektorn genomförs med hjälp av tryckmätare. I öppna kärl placeras trycksensorn långt ned och mäter det tryck som vätskan medför vilket är proportionellt mot vätskepelarens höjd och därigenom kan gällande nivå beräknas. I slutna och trycksatta kärl installeras även en trycksensor ovanför fluiden och vätskenivån beräknas utifrån tryckdifferensen mellan sensorerna (Jernkontoret, 2018).

Om kurvsmörjningsapparater skall förse med tekniken kommer befintligt tätningsläge fungera tillfredställande medan modifiering av fettcylinder krävs. På gasdrivna enheters stålbehållare kan anslutningar för givare med fördel svetsas fast medan eldrivna enheters plexiglasbehållare ej med enkelhet kan modifieras, istället bör dessa ersättas av metall tillverkade dito.

Plexiglas cylinderns transparens tillför inget mervärde för produkten då mängdövervakning implementeras och kan därmed ersättas utan att problem uppstår. En ersättningsartikel kan med lätthet implementeras vid nyproduktion medan uppgradering av befintliga enheter blir omfattande. Efter svetsning krävs ett omfattande rengöringsarbete för att tillkopplad skottventil ej skall skadas av partiklar varvid uppgradering ej bör genomföras i fält, ett dигert uppgraderingsprogram är därmed att vänta. För nivåmätning på gasdrivna enheter krävs dubbla tryckmätare för differensberäkning och därmed dubblas kostnaden för denna apparatur. Tekniken är i övrigt noga beprövad och fyller den funktion som krävs i gällande fall.

Fördelar:

- Fungerar för el- såväl som gasdrivna enheter då det finns möjlighet att mäta nivå även i trycksatta kärl.

Nackdelar:

- Kräver omkonstruktion av befintliga kärl.
- Ett dигert uppgraderingsprogram erfordras.

3.1.4.5 Parameterval

För mätning av kvarvarande mängd smörjmedel prioriteras för applikationen driftsäkerhet framför noggrannhet då det huvudsakliga syftet utgörs av att identifiera en larmnivå då byte av fettcylinder bör ske. Utifrån kriteriet med hög driftsäkerhet kan mätning med flottör respektive ultraljud och radar avslås enligt ovan presenterade nackdelar. Kvarvarande tekniska lösningar för nivåkontroll utgörs därmed av viktmätning med en lastcell samt tryckmätning med tryckgivare. Vid nyproduktion utgör teknikslagen fullgoda konkurrenter till varandra men vid eventuell uppgradering av redan driftsatta apparater krävs mindre modifiering vid brukande av en lastcell. Med anledning av bakåtkompabilitet rekommenderas därmed att kurvsmörjningsapparater förse med en lastcell för övervakning av kvarvarande fettmängd.

3.2 IoT-implementering

Implementering av IoT på kurvsmörjningsapparater kan ske i olika nivåer beroende på vilka funktioner som eftersöks. Instegsmodellen utgörs av att enheter endast förse med sensorer för direkt drift och för detektering av kvarvarande fettmängd. Berörd enhet kan sedan programmeras att vid givna intervall uppdatera en driftcentral om kvarvarande mängd smörjmedel. Redan vid denna enklaste form av implementering kommer ett mervärde hos

produkten skapas som innebär att manuell observation av enheter kan minimeras. Nästa steg utgörs av att även annan för enheten relevant data lagras, antalet pulser som sänks till elektromagneten såväl som totala tiden en elektrisk pump varit aktiverad samt liknande information kan lagras lokalt såväl som i molnet för framtida analys. Utifrån insamlad information kan komponenter preventivt ersättas med nya. För att dra ytterligare nytta av den teknik som finns tillgänglig kan apparater förses med sensorer som övervakar maskinhälsan vilket utförligt beskrivs i Avsnitt 3.3 (Furustam, 2018).

Ovanstående utformningar av styrsystem utgör samtliga alternativ där systemets handlingar baseras på förprogrammerade gränsvärden. Ett system uppbyggt kring denna princip blir adaptivt ur den aspekt att oändligt många parametrar för rådande förhållande kan förprogrammeras. Nämnvärt är dock att systemstrukturen ej ger utrymme för anpassning till sedan tidigare okända förhållande, för detta ändamål krävs en fullständig implementering av IoT. Vad som åsyftas med en fullständig implementering är ett system konstruerat för att vara självlärande och därigenom anpassa sig efter nytillkomna situationer. För uppbyggnad av ett system av denna typ krävs ytterligare sensorer, molnlagring från ett flertal enheter och algoritmer skrivna för att på ett effektivt sätt tillgodogöra lagrade data. Algoritmerna använder sedan data från samtliga enheter som sparats för alla tidigare förhållande för att beräkna handlingsåtgärd för gällande situation. Nämnad utformning av ett styrsystem blir helt autonom och kräver endast underhållsarbete och påfyllning av fett då enheterna slår larm om detta. Av naturliga skäl krävs ett digert programmeringsarbete baserat på tidigare empiri för att inrätta helautomatiserade IoT-lösningar (Furustam, 2018).

Samtliga former av IoT kräver ett gränssnitt och struktur mellan fysisk applikation, molnlagring och det sätt information presenteras på. I Figur 13 presenteras en strukturform som med fördel kan tillämpas på kurvsmörjningsapparater för uppkoppling och visualisering. Längst ned återfinns den enhet vilken avses anslutas till IoT. Enheten består av de komponenter som krävs för direkt drift på lokal nivå. Den fysiska enheten förses därefter med de sensorer som anses lämpliga för informationsinsamling, t.ex. vibrationsgivare och lastceller. Den information sensorerna registrerar avses att användas lokalt såväl som på distans och därmed krävs olika apparatur. Edge utgör den del av ett system som lagrar registrerade data lokalt. Informationen kan användas av den lokala enheten



Figur 13 Vanligen förekommande systemstruktur.

för egendrift utan uppkoppling mot molnlösningar eller endast sparas för framtida bruk. Normalt förekommer ett gränssnitt som tillåter en fysiskt närvarande operatör att ansluta sig till enheten för att plocka ut önskvärda lagrade data. För kommunikation med molntjänster kopplas en gateway till edge-lagret vilken skapar en brygga mellan den lokala enheten och det tilltänkta nätverket. I gällande fall rörande kurvsmörjningsapparater där placeringen är geografiskt utspridd avses gatewayen kommunicera med ett mobilnät vilket även utgör nästkommande lager i strukturen. Mobilnätet kan vara uppbyggt kring olika standarder avseende överföringshastighet men huvudsyftet är att överföra information från gällande apparatur till molnet i samtliga fall. I molnet lagras all information som samtliga enheter registrerar för framtida bruk. Normalt upprättas inga egna servrar utan lagringsplats och datorkapacitet kan hyras efter behov. Lagrade data kräver manuell eller automatiserad analysering för att tillföra ett värde för den fysiska enheten. I de fall där den registrerade mängden data är stor upprättas automatiserade analyseringsalgoritmer för hantering av informationen. Den analyserade informationen bör därefter presenteras överblickbart för en operatör eller driftcentral vilket sker i topplagret visualisering. Ett grafiskt gränssnitt som tydliggör relevant information anses i de flesta fall önskvärt (Furustam, 2018).

3.3 Egenkontroll

I och med de möjligheter IoT-implementering medför finns det möjlighet att förse en apparat med sensorer inte enbart för det tilltänkta verksamhetsområdet utan även för kontroll av gällande maskinhälsa. Egenkontroll av en enhets hälsa tillför värdet att komponenter kan bytas ut innan de havererar och orsakar driftstörningar. Identifieras avvikande beteende från någon komponent kan en notis automatiskt sändas till en driftledningscentral där tekniker sedan tillkallas. Kontroll av maskinhälsa utgör en viktig punkt för tekniskt avancerade eller svåråtkomliga enheter. Kurvsmörjningsapparater innehåller få rörliga komponenter och kan därmed ej klassas som tekniskt avancerade, däremot är majoriteten av enheterna placerade på svåråtkomliga platser i anläggningen vilket kan motivera kontroll av gällande maskinhälsa.

Elektriskt drivna enheter är utrustade med roterande delar i form av kugghjulspump och elmotor. Övervakning av dessa enheter kan principiellt ske på tre sätt där ett av alternativen ej egentligen utgör en direkt övervakning. Enklast möjliga övervakning kan ske genom att drifttiden registreras, utifrån tidigare empiriska undersökningar kan den normala drifttiden fastställas och när en enhet närmar sig ett förinställt värde sänds information om att komponentbyte bör ske till tekniker. Nästkommande alternativ utgörs av att de rörliga delarna förses med sensorer som registrerar vibrationer. Vibrationsgivarna registrerar de vibrationer som uppstår vid normal drift och

styrssystemet programmeras att uppfatta driften som normal. Uppstår vibrationer som avviker från normal drift registreras dessa som felaktiga och styrssystemet varnar för nedsatt maskinhälsa. Ett alternativ eller komplement till vibrationsgivare utgörs av övervakning av enheternas strömprofiler. I nämnt fall registreras strömförbrukningen under normal drift och uppstår en situation då tilltänkt rörelse går tungt med ökad förbrukning till följd antas nedsatt maskinhälsa.

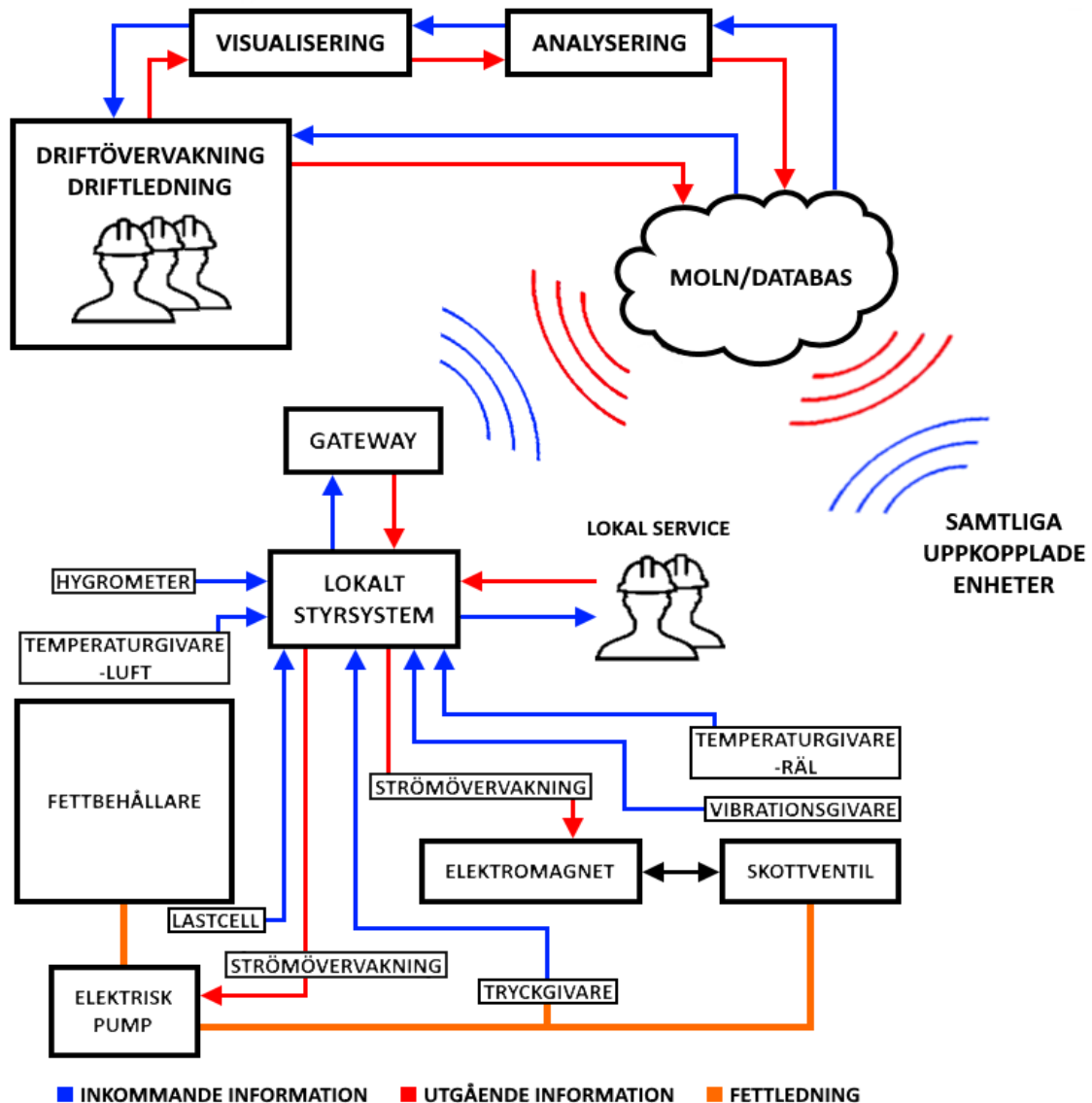
För att identifiera fettläckage genom skottventilen kan en känslig tryckgivare installeras på slangpaketet som registrerar eventuellt tryckfall, metoden fastställer dock ej var läckage har uppstått. Teoretiskt kan små läckage uppstå i ventilen såväl som i kopplingar, slangbrott genererar däremot generell läckage med stora tryckfall till följd och kan således urskiljas. Skottventilens utformning är identiskt för gasdrivna respektive elektriskt drivna enheter varvid övervakning av denne kan ske på liknande sätt för båda enhetstyperna. I gasdrivna enheter är övertrycket från tillkopplad gastub avgörande för enheternas funktion varvid övervakning bör ske. En trycksensor kan installeras mellan gastuben och fettcylindern för denna kontroll, eventuellt läckage registreras därmed i ett tidigt skede.

3.4 Systemnivåer

Genom uppkoppling av enheter föreligger möjlighet för kommunikation med geografiskt avlägsna sensorer vilket kan komma att förändra konstruktionen av styrssystem för en del apparatur. Då sensorer kopplas till ett nätverk kan flera enheter ta del av samma information och därmed minimeras det antal givare som krävs för att erforderlig funktion skall upprätthållas. Ett grundläggande krav för att nämnd systemstruktur skall vara tillämpningsbar utgörs av att samtliga enheter tilltänks ta del av samma information. Då IoT expanderat och implementerats i samhället och i infrastrukturen kan modeller som tillåter uppkoppling mot annan apparaturs givare utformas varvid behovet ytterligare minimeras. Kurvsmörjning kräver exakt information för den geografiska plats där friktionsreducerande insatser tilltänkts varvid avlägsna sensorer ej kan användas. Om befintliga sensorer avses för ändamålet krävs sonika att dessa befinner sig i närheten av installerad Clicomatic®.

Järnvägsanläggningen är sedan tidigare ej försedd med vibrationsgivare, temperaturgivare, hygrometer eller liknande varvid var kurvsmörjningsapparat lämpligen förses med sensorer lokalt. I Figur 14 åskådliggörs lämplig systemstruktur för Clicomatic® efter uppgradering till ett modernt styrssystem. Var enskild apparat förses med ett lokalt styrssystem vars uppgift blir att sköta lokal drift via information som erhålles från närliggande sensorer. Till logikenheten tillkopplas givare i form av; vibrationsgivare för uppstart av systemet, tryckgivare för övervakning av tryck i slangpaketet, lastcell för

nivåkontroll, temperaturgivare för luft- respektive rältemperatur samt hygrometer för kontroll av gällande luftfuktighet. Från det lokala styrsystemet skickas strömövervakade signaler till den elektriska pumpen för fettmatning (endast för elektriskt drivna enheter) samt till skottventilens elektromagnet då fett skall appliceras. Genom att övervaka förbrukarnas strömprofiler identifieras enheternas maskinhälsa. Logikenheten förses vidare med ett gränssnitt som möjliggör att servicepersonal tillåts nå systemet lokalt samt en gateway för kommunikation med databas och driftcentral.



Figur 14 Rekommenderad systemstruktur för Clicomatic®.

I molnet lagras information från var enskild smörjapparat vilket möjliggör framtida analysering samt parameterjustering. Analyseringslagret ovanför databasen programmeras för att automatiskt känna igen mönster samt tendenser utifrån tidigare empiri och därigenom på egen hand utföra mindre korrigeringar. Visualiseringslagret organiserar analyserade data för att på ett effektivt sätt åskådliggöra information för driftsledare. Operatörer tillåts även

att direkt kommunicera med databasen för att plocka ut specifik information samt för direkt korrigerig av fysisk apparatur. Molnet kommer således främst användas till lagring av information samt för direktkontakt mellan driftcentral och kurvsmörjningsapparater. Eventuella driftslarm når molnet och därefter driftcentralen för att avhjälpande åtgärder skall vara möjliga att vidta. I fall av förlorad nätverksförbindelse agerar den lokala logikenheten enligt senast använda smörjschema och lagrar information lokalt tills kommunikationen återupprättas.

IoT-implementeringen kommer inledningsvis vara begränsad men infrastrukturen tillgängliggörs, då tekniken utvecklats och tillgängligheten ökat finns därmed utökade möjligheter. De väderregistrerande sensorer Clicomatic[®] förses med kan med fördel användas av annan apparatur om behov föreligger.

4 Potentiella vinster

Inom de flesta produktgenrer genomförs utvecklingsarbete för att därigenom möta konsumentens respektive framtidens önskemål och krav.

Huvudanledningen till utveckling kan utgöras av tekniska såväl som ekonomiska skäl beroende på vad för produkt som åsyftas. En produkt med tekniska brister måste förbättras för att uppfylla de förväntningar och krav konsumenten ställer samtidigt som ekonomiska nedskärningar genomförs på en fulländad men allt för kostsam produkt. I vissa förekommande fall är det själva utvecklingsarbetet som driver på utvecklingen då innovationer krävs för att produkter och tillverkare skall agera konkurrenskraftiga på den öppna marknaden.

Till följd av att driftsäkerhet och säkerhetsaspekter prioriteras inom järnvägsindustrin är nyutvecklade produkter svåra att implementera på den branschspecifika marknaden. Utvecklingsarbetet bakom produkter som avses för drift i järnvägsanläggningar är vanligen digert vilket medför stabila produkter med omfattande framtagningskostnader. Utvecklingen kommer därmed bromsas av tre anledningar; de stora kostnader som utveckling innebär, lång livslängd hos befintliga produkter samt de omfattande godkännandeprocesser materiel måste genomgå. Tidigare utveckling av Clicomatic[®] har ej hämmats av tillstånd och certifieringsproblematik då produkten ej är säkerhetsklassad men däremot är dess styrsystem driftsäkert. Produkten har genom åren ur ett styrsystemsperspektiv fungerat självständigt i anläggningen vilket utgör huvudanledningen till att dess ursprungliga utformning fortlevt. I samband med ökade miljökrav och utformning av ett samhälle med högre ställda krav finns det anledning att ompröva systemets konstruktion. En vidareutveckling av apparatens styrsystem medför investeringskostnader men förväntas även medföra positiva effekter. Huvudvinsterna en modernisering tillför produkten beaktas nedan.

4.1 Förenklat underhåll

Rutinmässig service i form av översyn, byte av skadade komponenter samt påfyllning av fett utgör en logistiskt krävande och kostsam procedur för drift av befintliga Clicomatic[®]. Inte sällan glöms enheter bort av underhållande entreprenör med nedsatt eller utebliven funktion till följd. Om enheter förses med sensorer och uppkoppling kan genomförande av underhållsarbete garanteras samt optimeras vilket medför minskade servicekostnader och fler aktiva driftstimmar.

Genom de möjligheter för egenkontroll som presenterats i Avsnitt 3.3 kan kurvsmörjningsapparater på egen hand registrera komponenter som behöver bytas ut och sända larm till en driftcentral om behov av komponentbyte.

Framtida underhåll kommer därmed vara preventivt och endast omfatta de komponenter som är i verkligt behov av ersättning. Övervakning av kvarvarande mängd fett enligt Avsnitt 3.1.4.5 innebär att schemalagd översyn kan minskas till ett minimum då inget behov föreligger. Gränsvärde för larm om låg fettnivå bör visualiseras i två steg, ett första varnande och därefter ännu ett då nivån sjunkit ytterligare. Informeras en driftcentral i två steg kan fettpåfyllning planeras effektiv vilket innebär att servicepersonal täcker flera enheter under ett arbetspass. Besparingar av större dignitet är att vänta då serviceprogram utformas efter föreliggande behov istället för efter schemalagd kontroll.

4.2 Affärsmodeller

Oavsett vilken produkt som beaktas medför implementering av IoT stora möjligheter till förändring på gällande marknad. Tidigare har produkttillverkare sålt en fysisk produkt och eventuellt ett serviceavtal över en given tid. Vad det gäller kurvsmörjningsapparater står tillverkarna för framtagning av den fysiska produkten samt garanti medan service av driftsatta enheter ingår i de avtal som inrättas med underhållande entreprenör. Affärsmodellen för företag som tillverkar enheter utgörs således av att sälja sin produkt med tillräcklig kvalitet för garantitiden och med största möjliga ekonomiska vinst. Appliceras IoT-lösningar på apparaturen kan nämnd modell komma att förändras då tekniken tillåter övervakning och reglering som tidigare ej möjliggjorts.

Apparattillverkare kan efter implementering erbjuda ett värde för sin kund istället för en fysisk produkt. I fallet med smörjapparater kan värden i form av *kurvskrik under XX decibel* eller *garanterat friktionstal på högst XX* tänkas attraktiva för en kund. För att det skall vara praktiskt genomförbart att frångå klassiska affärsmodeller måste underhållskontrakten förflyttas från entreprenör till tillverkare vilka därigenom erhåller ett totalt ansvar för produkt samt funktion. Det företag som står bakom produkten kan ansvara för att utlovat värde upprätthålls i egen regi eller ta in anbud på underhåll av underentreprenörer. Slutkunden kan med denna affärsmodell förflytta fokus från att säkerställa att rätt produkt köps till att kravsificera vilka förväntningar som föreligger. Utifrån fastställda krav diskuteras en lösning med potentiella leverantörer varefter en överenskommelse nås om vilket värde som skall upprätthållas. Till skillnad från ett rent produktköp kommer kunden garanterat erhålla eftersökt funktion om överenskommelsen som nås fullföljs från tillverkarens sida.

Ändrad affärsmodell kommer vidare innebära att produkttillverkare tvingas tänka långsiktigt förbi garantitid då utvecklig sker. Eventuellt uppkomna kostnader under driftfasen drabbar tillverkaren då denne ansvarar för att rätt

värde upprätthålls och därmed prioriteras långsiktighet. Prisbilden för slutkunden torde ej förändras i större omfattning då ett köpt värde kommer ersätta inköpspris för apparatur såväl som entreprenörens underhållskostnader. För tillverkare medför affärsmodellen initialt en ökad kostnad i form av utvecklingsarbete och utformning av anpassad organisation, därefter framtonar en intressant marknad med nya möjligheter. Säljs en fysisk enhet erhålles vinst för produkten vid ett tillfälle, säljs istället ett värde genereras vinst över tid för samma enhet. Antalet sålda Clicomatic[®] förblir därmed oförändrat men dessa genererar vinst i flera steg.

4.3 Fettbesparing

Klimatet i t.ex. Sverige omfattar tidvis stora mängder nederbörd och vinterväder vilket enligt etablerad teori minskar smörjbehovet drastiskt. Avancerad adaptiv styrning av smörjapparater medför att smörjfett endast appliceras då smörjbehov föreligger varvid en minskad fettförbrukning följer. Besparingsgraden är därmed starkt kopplad till det klimat en Clicomatic[®] är tänkt att operera i och någon generell fettmängd går därmed ej att fastställa. För att tillförlitliga besparingsvärden skall vara möjliga att presentera krävs empiriska undersökningar under realistiska driftsförhållanden vilka ej kan genomföras innan första apparatur försetts med ny logikenhet och ett prövoförfarande inletts.

5 Felkällor

Etablerad slitage- och smörjteori, fastställd väderlekspåverkan samt utformade krav som presenteras i ett initialt skede i gällande studie är baserade på empiriska undersökningar under decennium och bör därmed anses högst trovärdiga. Likaså är befintlig konstruktion av Clicomatic[®] ett faktum och felkällor går därmed ej att identifiera. Även presenterad information om IoT speglar teknikens funktion, utbredning och syfte utifrån ett nulägesperspektiv i rimlig omfattning för gällande studie. Sammanställd nulägesbeskrivning anses därmed trovärdig och väl avvägd i förhållande till studiens omfattning.

Utförd marknadsinventering täcker ett flertal leverantörer av styrsystem, likväl garanteras ej att marknadsens samtliga leverantörer tillfrågats. Ett rimligt antagande är att fler leverantörer finns tillgängliga på marknaden och för att möjliggöra presentation av en fulländad inventering borde dessa tillfrågats. Vidare bör vald intervjuemetod ifrågasättas samt förklaras. Ett fastställt intervjuunderlag med utvecklade frågeställningar hade eventuellt medfört att ett standardiserat resultat varit möjligt att presentera. Problematik torde dock uppstå om en låst frågeställning använts i gällande fall då företagens presenterade lösningar skiljer markant från varandra. Vidare skapar en öppen intervjuform möjlighet till fria svarsalternativ vilket rimligen speglar verkligheten bättre i gällande specifika fall. De företag som är representerade i studien har presenterat respektive lösning utifrån eget perspektiv vilket torde öka reliabiliteten.

Registrering, utvärdering och val av parametrar för uppgradering av Clicomatic[®] är i stort baserat på personliga preferenser vilket av naturliga skäl bör ifrågasättas. Om gällande studie genomförts av annan part är det fullt möjligt att andra parametrar listats samt andra beslut fattats. Fastslagna beslut i Avsnitt 3.1 motiveras utifrån ett verklighetsförankrat perspektiv men infallsvinklar från utomstående expertis hade ökat studiens reliabilitet. Nämd expertis torde dock svårfunnen då studien behandlar utveckling av en unik produkt och liknande uppgradering av styrsystem har ej tidigare genomförts på kurvsmörjningsapparat. Produktkategorin är ytters specifik och därmed krävs anpassning utifrån gällande fall.

Systemstrukturen som presenteras i Avsnitt 3.4 speglar i stort den struktur som flertalet intervjuobjekt vittnat om. En större bredd på intervjuerna torde dock även i nämnd fall öka studiens reliabilitet. Ytterligare en gång uppstår dock problem med att lokalisera erforderlig expertis då Clicomatic[®] är del av en specifik produktgenre. Presenterade lösningsförslag från tillverkare av styrsystem torde vara den säkraste källan som kan uppbringas i gällande fall.

6 Slutsats

Huvudintresset i gällande studie utgörs främst av vilka parametrar som bör registreras för att en effektiv friktionsstyrning av spåravsnitt skall möjliggöras. I Avsnitt 3.1 framgår det att vibrationsgivare bör användas för fordonsregistrering, temperatur- och daggpunktsmätning för kontroll av gällande förhållande, inblandning av UV-indikator i smörjfettet för träffbildsverifiering som option, att en lastcell med fördel används för fastställning av kvarvarande fettmängd samt vilka grunder besluten är fattade på. Parametrarna anses tillförlitliga och kostnadseffektiva för uppgradering av redan driftsatta enheter såväl som för nyproduktion.

Lika stort intresse visas för hur IoT-lösningar kan implementeras på befintlig Clicomatic[®] samt hur denna implementering strukturellt skall utformas. Bakomliggande teori pekar på stora möjligheter med implementering på allehanda apparatur och inledningsvis formas lätt föreställningar om att detsamma gäller för kurvsmörjningsapparater. Driftssituationerna för enheterna visar sig dock skilja markant till följd av stor geografisk spridning varvid fullskalig IoT-implementering ej rekommenderas. En systemstruktur enligt Avsnitt 3.4 och Figur 14 anses utgöra ett lämpligt alternativ för gällande apparatur vilket innebär att teknikens potential endast delvis utnyttjas. Nämnt systemstruktur medför dock att eftersökta funktioner tillförs Clicomatic[®] vilket innebär att produktutvecklingen skapar ett mervärde för produkten. Även en mindre implementering av IoT innebär i järnvägstekniska sammanhang en stor utveckling då branschen är känd för att vidhålla ålderstigen teknik i stor utsträckning. Utformad systemstruktur tillåter fortsatt utveckling samt implementering av ytterligare funktioner i takt med att brukandet av IoT växer vilket torde framtidssäkra systemets infrastruktur. I framtiden krävs eventuellt ej lokala givare på samtliga enheter då sensortätheten i samhället och i infrastrukturen vuxit, en omarbetad systemstruktur kan först då anses motiverad.

Väljer Vossloh att inleda ett fortsatt utvecklingsarbete påvisar genomförd marknadsinventering att det finns styrsystem som kan användas för utformning enligt presenterad struktur samt alternativ som anses mindre lämpliga. Assalub har inget tillgängligt system och SKF:s system är knutet till egentillverkade konkurrerande enheter varvid en symbios med Clicomatic[®] ej anses lämplig. Jörgensens och V-tekniks småskalighet torde intressant att beakta då ett nära samarbete kan komma att utvecklas men någon tillgänglig produkt finns ej på marknaden. Endast Phoenix Contact och ABB har färdiga system för IoT-implementering varvid ett fortsatt uppgraderingsarbete bör utformas i samarbete med något av nämnda företag. Nämnvärt är att Phoenix Contact utgör det enda företag som presenterat en lösning med konkreta

produktförslag i för ändamålet lämplig skala. Vidare studier krävs för att fastställa vilket system kurvsmörjningsapparat bör utformas kring.

Fastställt är dock att utveckling av befintlig produkt skapar ett mervärde för kund såväl som för Vossloh i form av förenklat underhåll, ändrade affärsmodeller samt minskad fettkonsumtion. Vinsterna utgör sådan dignitet att ett fortsatt utvecklingsarbete motiveras där en eller flera prototyper tas fram för empiriska undersökningar. Utifrån empirin kan därefter ett driftklart system utvecklas.

Genom att driftsätta logiska och uppkopplade smörjapparater i Trafikverkets järnvägsanläggning och påvisa dess fördelar samt driftssäkerhet kan möjligheter bortom de presenterade smörjtekniska vinsterna erhållas. Vosslohs Clicomatic[®] kan i detta fall aggera startskott för liknande utveckling i anläggningen. Växlar, vägskydd, signaler etc. kan i framtiden förses med individanpassade givare vilket torde innebära driftstekniska vinster för anläggningen i stort. Någon enhet måste bana väg för implementering av IoT och icke säkerhetsklassade kurvsmörjningsapparater utgör en optimal produktgenre för ändamålet.

7 Referenser

- Andersson, E., Berg, M. & Stichel, S., 2014. *Rail Vehicle Dynamics*. Stockholm: Railway Group KTH.
- Andersson, E., Berg, M., Stichel, S. & Casanueva, C., 2017. *Rail Systems and Rail Vehicles Part 2*. Stockholm: KTH Railway Group.
- Asplund, M., 2016. *Spårkomponenter Rälsmörjapparater och rälsmörjmedel*, u.o.: Trafikverket.
- Furustam, M., 2018. *Chief Digital Officer, Vossloh Nordic Switch Systems AB* [Intervju] (23 Mars 2018).
- Grobler, D., 2018. *Account Manager, Kajo-Chemie* [Intervju] (20 Mars 2018).
- Hammar, A., 2015. *BVH 524.5-Rälsmörjning*, u.o.: Trafikverket.
- Jernkontoret, 2018. *Jernkontorets Energihandbok*. [Online] Available at: <http://www.energihandbok.se/nivamatning/>
- Jørgensen, K. & Westesson, J., 2018. *VD/Utveckling/Projekt/Produktion* [Intervju] (15 Mars 2018).
- Lexfors, R., 2018. *Sales Engineer, ABB* [Intervju] (20 April 2018).
- Nationalencyklopedin, 2018. *Tribologi*. [Online] Available at: <https://www-nese.ludwig.lub.lu.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/tribologi>
- Nordström, T., 2018. *Säljare Industri, Phoenix Contact* [Intervju] (27 Mars 2018).
- Nosab, 2016. *Smörjfetter*. [Online] Available at: http://www.nosab.eu/publ_dokument/Smorjfett%20allman%20beskrivning.pdf
- Programkontoret för IoT Sverige, u.d. *Internet of Things för smarta samhällen*, u.o.: Programkontoret för IoT Sverige.
- Rehn, N., 2018. *Engineering & Export, Assalub* [Intervju] (13 Mars 2018). Stockholms Lokaltrafik, u.d. *Arbete med hala spår*. u.o.:u.n.
- Sundström, T., 2016. *Internet of Things En guide till sakernas internet*, u.o.: IIS.
- Trafikverket, 2016. *Identifiering och positionering av järnvägsfordon (RFID)*. [Online] Available at: <https://www.trafikverket.se/tjanster/system-och-verktyg/trafik/identifiering-och-positionering-av-jarnvagsfordon-rfid/>
- Waara, P., 2000. *Wear Reduction Performance of Rail Flange Lubrication*, Luleå: Luleå University of Technology.
- Westerlund, J., 2018. *Försäljningschef smörjsystem, SKF* [Intervju] (13 Mars 2018).
- Vossloh Nordic Switch Systems AB, 2014. *Installations och handhavandemanual Clicomatic*, Ystad: Vossloh Nordic Switch Systems AB.