



Optimering av Ventildiagnostik på Preem AB:s Raffinaderi i Lysekil

Ett examensarbete om möjligheten att främja ökad produktivitet och effektivare underhåll på raffinaderiet med ventildiagnostik

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Elektroteknik.

Andreas Johansson & Josefin Wallberg

Institutionen för Elektroteknik

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2025
www.chalmers.se

EXAMENSARBETE 2025

Optimering av Ventildiagnostik på Preem AB:s Raffinaderi i Lysekil

Ett examensarbete om möjligheten att främja ökad produktivitet och
effektivare underhåll på raffinaderiet med ventildiagnostik

Andreas Johansson & Josefin Wallberg



CHALMERS

Institutionen för Elektroteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2025

Optimering av Ventildiagnostik på Preem AB:s Raffinaderi i Lysekil
Ett examensarbete om möjligheten att främja ökad produktivitet och effektivare underhåll på
raffinaderiet med ventildiagnostik
Andreas Johansson och Josefin Wallberg

© Andreas Johansson, 2025.

© Josefin Wallberg, 2025.

Handledare: Andreas Wising, Emanuel Martinsson, Preem AB
Examinator: Bertil Thomas, Biträdande professor vid Reglerteknik

Examensarbete 2025
Institutionen för Elektroteknik
Chalmers Tekniska Högskola
SE-412 96 Göteborg
Telefon +46 31 772 1000

Första sidan: En bild på en reglerventil på Preems raffinaderi i Lysekil.

Typeset i L^AT_EX
Tryckt av Chalmers Reproservice
Göteborg, Sverige 2025

Förord

Detta examensarbete har genomförts vid Preem AB:s raffinaderi i Lysekil som en avslutande del av högskoleingenjörsprogrammet i Elektroteknik (180 hp) vid Chalmers tekniska högskola. Arbetet har utförts under utbildningens sista termin och motsvarar 15 högskolepoäng.

Vi vill rikta ett särskilt tack till Andreas Wising och Emanuel Martinsson på Preem AB för deras värdefulla handledning samt för att de formulerade och möjliggjorde detta projekt.

Ett stort tack riktas även till Kenneth Olsson och Frank Beckius på Askalon AB, som har bidragit med viktig teoretisk kunskap och varit ett bra bollplank under hela arbetets gång.

Vi vill också tacka Rickard Hasse och Nicklas Grundén från instrumentavdelningen på Preem AB, för deras insikter kring den nuvarande diagnostiken av reglerventiler.

Vårt tack går även till Anders Klein, som har gett oss hjälp i arbetets SIS-relaterade delar, samt till alla andra medarbetare på Preem AB som ställt upp på intervjuer och delat med sig av sin kunskap.

Slutligen vill vi tacka vår handledare Bertil Thomas på Chalmers för hans stöd och vägledning. Hans litteratur har dessutom varit till stor hjälp och gett oss många insikter inom ämnet.

Josefin Wallberg & Andreas Johansson
Göteborg, Juni 2025

Sammanfattning

Denna rapport undersöker hur ventildiagnostiken på Preem AB:s raffinaderi i Lysekil kan optimeras för att öka produktiviteten och förbättra underhållseffektiviteten. Fokus ligger på analys av det nuvarande ventildiagnostiksystemet, där lägesställaren DVC6200 med AD-nivå (Advanced Diagnostics) används i kombination med ett centraliserat system som heter AMS (Asset Management System).

Rapporten identifierar fördelarna i att nyttja PD-nivå (Performance Diagnostics), som i dagsläget inte används i raffinaderiet. Resultaten visar att PD-nivå möjliggör kontinuerlig övervakning av reglerventilernas tillstånd, vilket medför tidig felupptäckt och minskad risk för driftstörningar. Uppdateringen av PD-nivå diagnostik kan enkelt implementeras via ett USB-minne, utan att störa ingenjörernas dagliga arbete.

De ekonomiska fördelarna omfattar bland annat effektiv resursplanering, minimering av produktionsförluster och bättre utnyttjande av arbetskraften. Den nya diagnostiken har dessutom gjort det möjligt att upptäcka tidigare okända ventilfel, vilket minskar dessa felandelen från 15% till 10%. Detta leder till långsiktiga besparingar och skapar en positiv ekonomiska effekter för Preem. Även miljömässiga vinster lyfts fram, bland annat minskad energiförbrukning och lägre ventilationsläckage, vilket stödjer Preems hållbarhetsmål.

Rapporten belyser även möjligheterna med den nya lägesställaren (DVC7K), som har förbättrad diagnostik, ökad användarvänlighet och förlängd livslängd. Vidare behandlas diagnostikens betydelse för att upprätthålla Safety Integrity Level (SIL) för reglerventilernas säkerhetsfunktion (SIF), vilket säkerställs genom regelbundna Proof tester under planerade driftstopp.

Slutligen jämförs resultaten med en annan industriverksamhet, där implementering av PD-nivå diagnostik lett till förbättrad planering av underhållsstopp och effektivare processflöden.

Optimering av ventildiagnostik hos Reglerventiler på Preem AB

Ett examensarbete om möjligheten att främja ökad produktivitet och effektivare underhåll på raffinaderiet med ventildiagnostik

Andreas Johansson

Josefin Wallberg

Institutionen för Elektroteknik

Chalmers tekniska högskola

Abstract

This report investigates how valve diagnostics at Preem AB's refinery in Lysekil can be optimized to increase productivity and improve maintenance efficiency. The focus is on analyzing the current valve diagnostic system, where the positioner DVC6200 with AD-level (Advanced Diagnostics) is used in combination with a centralized system called AMS (Asset Management System).

The report identifies the benefits of utilizing PD-level diagnostics (Performance Diagnostics), which is not currently used at the refinery. The results show that PD-level allows for continuous monitoring of the control valve condition, leading to early fault detection and reduced risk of operational disturbances. The implementation of PD-level diagnostics can be easily done via a USB drive, without disrupting the engineers' daily tasks.

The economic benefits include more efficient resource planning, minimization of production losses, and better utilization of the workforce. It has also been shown that the new diagnostics can detect previously unknown valve faults, reducing undetected faults from 15% to 10%. This results in long-term savings through the implementation of diagnostics and provides positive economic effects for Preem. Environmental benefits are also highlighted, including reduced energy consumption and lower valve leakage, supporting Preem's sustainability goals.

The report also discusses the possibilities with the new positioner (DVC7K), which offers improved diagnostics, better user interface, and extended lifespan. Furthermore, the importance of diagnostics for maintaining the Safety Integrity Level (SIL) of the control valves' safety function (SIF) is addressed, which is ensured through regular proof testing during planned shutdowns.

Finally, the results are compared with another industrial operation, where the implementation of PD-level diagnostics led to improved maintenance shutdown planning and more efficient process flows.

Keywords: Preem AB, DVC6200, Advanced Diagnostics, AMS system, Performance Diagnostics, Economic benefits, Sustainability, DVC7K, Safety Integrity Level (SIL)

Terminologi

Nedan är listan över akronymer som har använts i hela denna avhandling listade i alfabetisk ordning:

AD	Advanced Diagnostics
AI	Artificiell Intelligens
AMS	Asset Management System
DC	Diagnostic Coverage
DVC	Digital Valve Controller
FF	Foundation Fieldbus
Hart	Highway Addressable Remote Transduce
HSE	High-Speed Ethernet
I/P	Current-to-Pressure
IP	Internet Protocol
LUI	Local User Interface
OSI	Open Systems Interconnection Model
PFD	Probability of Failure on Demand
PD	Performance Diagnostics
PST	Partial Stroke Test
RFF	Risk Reduction Factor
SFF	Safe Failure Fraction
SIL	Safety Integrity Level
SIF	Safety Instrumented Function
SIS	Safety Instrumented System
TCP	Transmission Control Protocol
UDP	User Datagram Protocol
VL	ValveLink

Innehåll

Terminologi	8
Figurförteckning	15
Tabellförteckning	17
1 Introduktion	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	1
1.3 Mål	2
1.4 Avgränsningar	2
2 Teori	3
2.1 Reglerventilens komponenter	3
2.1.1 Mätgivare & I/P omvandlare	4
2.1.2 Ställdon	4
2.1.3 Lägesställare	4
2.1.4 Ventilhuset	4
2.2 Asset Management System (AMS-system)	5
2.2.1 ValveLink	5
2.2.2 HART	5
2.2.3 Punkt-till-Punkt kommunikation	6
2.2.4 OSI-Modellen	6
2.2.5 Foundation Fieldbuss	6
2.3 Lägesställaren DVC6200	7
2.3.1 AD-nivå diagnostik	8
2.3.1.1 Status Monitor	8
2.3.1.2 Valve Total Scan och Step Response Tests	10
2.3.2 PD-nivå diagnostik	12
2.3.2.1 In-Service Friction och Friction Trending	12
2.3.2.2 Supply Pressure	14
2.3.2.3 Air Leakage	15
2.3.2.4 I/P och Relay Integrity	16
2.3.2.5 Travel Deviation och Relay Adjustment	17
2.3.3 SIS-nivå diagnostik	19
2.3.3.1 Partial Stroke Test	19
2.4 Safety Instrumented System (SIS)	20
2.4.1 Safety Instrumented Function (SIF)	20
2.4.1.1 Probability of Failure on Demand (PFD_{avg})	21
2.4.1.2 Diagnostic Coverage (DC)	21
2.4.1.3 Safe Failure Fraction (SFF)	22

2.4.2	Safety Integrity Level (SIL)	23
2.5	Lägesställaren DVC7K	25
2.6	Gasfackling	26
3	Metod	27
3.1	Inledningsfas	27
3.2	Genomförandefas	27
3.3	Avslutningsfas	28
4	Resultat	29
4.1	Beskrivning av det nuvarande ventildiagnostiksystem som Preem använder	29
4.1.1	AMS (Asset Management Software)	29
4.1.2	ValveLink	30
4.1.3	Lägesställare	30
4.1.4	HART (Highway Addressable Remote Transducer)	30
4.1.5	Foundation Fieldbus	30
4.2	Nuvarande användningsområde för diagnostik	31
4.2.1	Supply Pressure	31
4.2.2	Valve Total Scan och Step Response Test	31
4.2.3	Partial Stroke Test	31
4.2.4	Status Monitor	31
4.3	För- och nackdelar med outnyttjad diagnostik	32
4.3.1	Air Leakage	32
4.3.1.1	Fördelar	32
4.3.1.2	Nackdelar	32
4.3.2	In-Service Friction och Friction Trending	32
4.3.2.1	Fördelar	32
4.3.2.2	Nackdelar	32
4.3.3	Supply Pressure	33
4.3.3.1	Fördelar	33
4.3.3.2	Nackdelar	33
4.3.4	I/P and Relay Integrity	33
4.3.4.1	Fördelar	33
4.3.4.2	Nackdelar	33
4.3.5	Travel deviation och Relay Adjustment	33
4.3.5.1	Fördelar	33
4.3.5.2	Nackdelar	33
4.4	Implementering av PD-nivå diagnostik	34
4.5	De ekonomiska vinster Preem kan uppnå genom diagnostiktester	35
4.5.1	Besparingar genom att upptäcka tidigare okända ventilfel	36
4.6	Miljömässiga fördelar vid tillämpning av diagnostik på PD-nivå	41
4.6.1	Färre driftstörningar	41
4.6.2	Mindre läckage i reglerventilen	41
4.6.3	Lägre energiförbrukning vid drift	41
4.6.4	Förbättrad hållbarhetsstyrning vid resursinköp	41
4.7	Förbättringar som implementering av DVC7K kan medföra	42
4.7.1	Ny & mer exakt reglering	42
4.7.2	Har förbättrade inbyggda diagnostikverktyg	42
4.7.3	Stödjer HART 7 & Ethernet	42
4.7.4	Stödjer Bluetooth	42

4.8	Påverkan av PD-nivå diagnostik på andra industrier	43
4.9	Bibehållen säkerhetsintegritetsnivå hos SIS-ventilen	44
5	Diskussion	45
5.1	Analys av varför PD-nivå diagnostik inte har implementerats & om beslutet bör övervägas.	45
5.1.1	Erfaren personal med daglig användning av diagnostiken	45
5.1.2	Fördelar med PD-nivå diagnostik för Preem-anställda	45
5.1.3	Långsam implementering på grund av begränsade hastigheter hos HART & Foundation Fieldbus	46
5.2	Ekonomiska & miljömässiga vinster med outnyttjad diagnostik	47
5.2.1	Preems potentiella ekonomiska vinster	47
5.2.1.1	Undviker oväntad driftstörning	47
5.2.1.2	Hållbar resursplanering	47
5.2.1.3	Förebyggande av större ventilfel genom tidig upptäckt av de mindre felen	47
5.2.1.4	Minimering av produktionsförluster från ventil-läckage	47
5.2.1.5	Optimalt fungerande reglerventiler för effektiv produktion	48
5.2.1.6	Bättre arbetskraftsutnyttjande	48
5.2.1.7	Större flexibilitet vid utbyggnad och expansion	48
5.2.2	Preems potentiella miljövinster	49
5.2.2.1	Undviker oväntade driftstörningar	49
5.2.2.2	Lägre energiförbrukning	49
5.2.2.3	Hållbar resursplanering & produktion	49
5.3	DVC7K:s potential för Preem	50
5.3.1	Instrumentavdelningen	50
5.3.2	Ventilverkstaden	50
5.3.3	Preem	50
5.4	Vad Preem kan lära sig från andra industrier om PD-nivå diagnostik	51
5.5	Vikten av att åtgärda larm för att bibehålla systemets SIL-nivå	52
6	Slutsats	53
	Bibliography	55

Figurer

2.1	Pneumatiskt regleringssystem [3].	3
2.2	Lägesställaren DVC6200 [2].	7
2.3	Diagram som illustrerar relationerna mellan PD-nivå och AD-nivå diagnostik.	7
2.4	Satus monitor [17].	8
2.5	Step Response test [17].	10
2.6	Total Scan test [17].	11
2.7	In-Service Friction test [17].	12
2.8	Friction Trending test [17].	13
2.9	Supply Pressure test [17].	14
2.10	Air Leakage test [17].	15
2.11	I/P and Relay Integrity test [17].	16
2.12	Travel Deviation test [17].	17
2.13	Relay adjustment test [17].	18
2.14	PST på driftstopp år 2022 [7].	19
2.15	Visualisering över ett SIS-sytem med 2 SIF-funktioner.	20
2.16	Hur distribueringen av fel ser ut när det kommer till de olika elementen i SIF [15].	21
2.17	Gränser för säkerhetsintegritetsnivåer [15].	23
2.18	Exempel på hur SIL nivån ändras över tid beroende på vilka tester som utförs [2].	24
2.19	Jämförelse av λ för ett system med och utan regelbundna PST-tester.	24
2.20	Lägesställaren DVC7K [21].	25
2.21	Gasfackling hos Preem Lysekil 2018.	26
4.1	Hur AMS kommunicerar med lägesställaren.	29
4.2	Exempel lista över HART-larm i AMS.	34
4.3	Cirkeldiagram som visar fördelningen av diagnostiknivå på Preems raffinaderi i Lysekil.	35
4.4	Stapeldiagram som visar andel oväntade fel.	36
4.5	Graf över potentiell besparing i jämförelse med priset att uppdatera till PD.	38
4.6	Graf över potentiell besparing i jämförelse med priset att uppdatera till PD med 90 reglerventiler.	39
4.7	Graf över potentiell besparing i jämförelse med priset att uppdatera till PD med 40 reglerventiler.	40
4.8	Exempel på larmlista ifrån företaget.	43

Tabeller

2.1	Tabell över vilka tester som kan utföras med AD-nivå diagnostik.	8
2.2	Tabell över vilka tester som kan utföras med PD-nivå diagnostik [15].	12
2.3	Tabell över vilka tester som kan utföras med SIS-nivå diagnostik.	19
4.1	Kostnader för diagnostik och reparation.	35
4.2	Felanalys baserat på andelen falska positiva resultat.	37
4.3	Besparing per driftstopp i jämförelse med nuvarande extra kostnader för reparation.	37

1

Introduktion

Detta examensarbete utförs tillsammans med Preem AB som är Sveriges största drivmedelsföretag. Preem har möjlighet att producera upp till 18 miljoner kubikmeter drivmedel varje år på sina två raffinaderier som ligger på den svenska västkusten. Raffinaderiet i Lysekil, där detta examensarbete genomförs, är Skandinaviens största och ett av Europas mest moderna raffinaderier. I det följande avsnittet presenteras examensarbetets bakgrund, syfte, mål samt dess avgränsningar [1].

1.1 Bakgrund

Reglerventiler spelar en central roll vid styrning och reglering av flöden i olika delar av raffinaderiets processanläggningar. I detta examensarbete undersöks möjligheterna att förbättra användningen av diagnostik kopplad till dessa reglerventiler. Diagnostiken används för att övervaka ventilerna, bedöma deras tillstånd och prestanda under drift samt för att tidigt identifiera behov av underhåll eller utbyte. Raffinaderiet har ett stort antal reglerventiler, vilka samtliga är utrustade med smarta lägesställare som möjliggör diagnostik. Trots denna tekniska förutsättning utnyttjas i dagsläget inte diagnostikens fulla potential inom Preem [1][2] .

1.2 Syfte

Syftet med detta examensarbetet är att analysera förbättrad ventildiagnostik på Preems raffineri i Lysekil. I rapporten kommer användningen av befintlig diagnostik som idag inte utnyttjas fullt ut undersökas, samt analysera potentialen för att investera i en mer avancerad nivå av diagnostik för lägesställaren, vilket skulle kunna tillföra ytterligare diagnostiska funktioner. Fokus ligger på att analysera vilka förbättringar detta kan medföra ur både ett ekonomiskt och miljömässigt perspektiv, samt hur det kan bidra till ökad driftsäkerhet och effektivare underhåll [2].

1.3 Mål

För att uppnå målen med examensarbetet ska följande frågeställningar besvaras:

- Hur är systemet för ventildiagnostik uppbyggt på Preem och vilka diagnostiska metoder används för att övervaka och analysera reglerventilers prestanda i dagsläget?
- Vilken diagnostik som för närvarande är outnyttjad kan Preem implementera och vilka är fördelarna och nackdelarna med den diagnostiken?
- Hur kan den nya ventildiagnostiken implementeras och vilken påverkan skulle detta ha på arbetsprocesserna för ingenjörerna som dagligen arbetar med diagnostik? Vilka potentiella fördelar kan det innebära?
- Vilka potentiella miljövinster och ekonomiska fördelar kan uppnås genom att implementera diagnostik hos reglerventiler som för närvarande är underutnyttjade?
- Hur kan den framtida lägesställaren DVC7K förbättra effektiviteten och precisionen i diagnostiseringen av reglerventiler, och vilka fördelar kan detta medföra för Preem?
- Hur har liknande industrier implementerat ventildiagnostik och vilka positiva effekter har detta haft på deras driftseffektivitet, säkerhet och underhåll?
- Kan användning av diagnostik hos reglerventiler bidra till att upprätthålla säkerhetsintegritetsnivåer (SIL) i raffinaderiet?

1.4 Avgränsningar

För att säkerställa att examensarbetet genomförs inom den tilldelade tidsramen och med realistiska förväntningar, har följande avgränsningar definierats i samråd med handledaren:

- Fokus kommer inte att ligga på att utveckla nya diagnostiska tester. I stället kommer fokus att ligga på att utvärdera och optimera användningen av den diagnostik som redan finns tillgänglig på raffinaderiet.
- Inga egna diagnostiska tester kommer att genomföras. I stället baseras projektet på analys av befintlig data som redan har samlats in och registrerats av Preem. Detta inkluderar tidigare diagnostikresultat och diagnostiktester utförda på reglerventiler i anläggningen.
- Examensarbetet kommer inte att undersöka hur själva konstruktionen av lägesställaren och reglerventilerna påverkar miljön, exempelvis genom tillverkning eller materialval. I stället ligger fokus på att förbättra den diagnostiska användningen och kontrollera den miljömässiga påverkan.

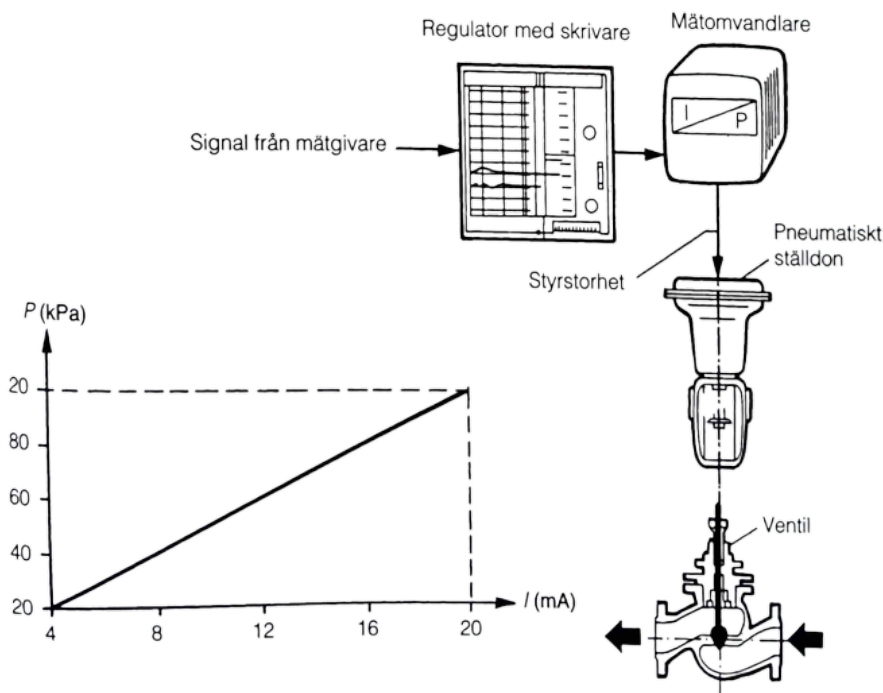
2

Teori

2.1 Reglerventilens komponenter

En reglerventil är en central komponent i ett raffinaderi och spelar en avgörande roll för att exakt reglera flödet av vätskor och gaser. Detta är nödvändigt för att säkerställa stabila och effektiva processförhållanden. En reglerventil är inte en enskild enhet, utan ett system bestående av flera samverkande delar.

Figur 2.1 nedan visar de viktigaste komponenterna och signalflödet i ett pneumatiskt regleringssystem som används i raffinaderiet [3].



Figur 2.1: Pneumatiskt regleringssystem [3].

Man kan utläsa av Figur 2.1 att ett pneumatisk regleringssystem består i huvudsak av en mätgivare, ett pneumatiskt ställdon, och ett ventilhus. I äldre regleringssystem, som illustreras på bilden, används ofta en separat I/P-omvandlare, medan denna funktion i moderna system vanligtvis är integrerad i lägesställaren som sitter direkt på ställdonet.

I följande avsnitt behandlas varje komponent och deras funktion i det kompletta pneumatiska regleringssystemet [3].

2.1.1 Mätgivare & I/P omvandlare

I ett äldre regleringssystem skickar mätgivaren en elektrisk strömsignal mellan 4–20 mA till en extern Current-to-Pressure Converter (I/P-omvandlare). Denna enhet omvandlar den elektriska signalen till en pneumatisk styrsignal på 3–15 psi, som sedan används som insignal till en pneumatisk lägesställare. Lägesställaren reglerar reglerventilens position genom att använda trycket från en separat tryckkälla [3][5].

I moderna regleringssystem skickas istället 4–20 mA-signalen direkt till en lägesställare, som ofta har inbyggd I/P-omvandlare. Lägesställaren omvandlar då den elektriska signalen och styr ställdonet utan behov av en extern I/P-omvandlare [3][5].

2.1.2 Ställdon

Ställdonet i ett regleringssystem fungerar som den mekaniska delen som öppnar eller stänger reglerventilen. Ett pneumatiskt tryck från en tryckkälla, justerat och reglerat av lägesställaren, appliceras på ställdonet. Detta tryck flyttar en mekanism, ofta en kolv som rör sig fram och tillbaka, vilket resulterar i att ventilen öppnas eller stängs för att reglera flödet [3][4][5].

2.1.3 Lägesställare

På ställdonet är en lägesställare monterad. Detta är en digital enhet som omvandlar en elektrisk eller pneumatiskt styrd signal till en fysisk rörelse av reglerventilens plugg, vilket möjliggör finreglering av flödet. Lägesställaren justerar reglerventilens position genom att ta emot en signal från ett styrsystem. Den kan hantera både elektriska styrsignaler (t.ex. 4-20 mA) och digitala signaler (t.ex. HART eller Foundation Fieldbus), vilket möjliggör fjärrstyrning och övervakning av ventilen. Lägesställaren mäter mekaniskt ventilens position och säkerställer att reglerventilen ställer in sig på önskat värde. Den elektriska strömsignalen från regulatorn fungerar som börvärde för lägesställaren.

En modern Digital Valve Controller (DVC-lägesställare) erbjuder dessutom diagnostik som ger detaljerad information om reglerventilens hälsa och prestanda [3][5][6].

2.1.4 Ventilhuset

Ventilhuset är den del av en reglerventil där mediet flödar genom och där kolven som ställdonet reglerar är placerad. Reglerventiler finns i många olika modeller för att möta de unika behoven hos olika processer. På Preems raffinaderi används exempelvis sätesventiler, kulventiler och trottventiler. Utöver dessa olika modeller finns det även olika funktioner för reglerventilerna, där avstängningsventilen är ett exempel [3][4].

2.2 Asset Management System (AMS-system)

För underhåll och diagnostik av reglerventiler används huvudsakligen ett Asset Management System (AMS-system). AMS-systemet är en programvara som möjliggör kontinuerlig övervakning av ventilstatus under drift genom att identifiera försämrade regleringsförmåga och generera larm i ett tidigt skede, långt innan funktionsnedsättning leder till haveri. Detta minskar risken för akuta driftstopp och de ekonomiska förluster som annars kan uppstå. Systemet gör det även möjligt att i förväg planera resurser, exempelvis reservdelar och personal, vilket bidrar till en mer effektiv och tillförlitlig drift. [7][8].

Vid mottagande av ett larm från AMS-systemet initieras en arbetsorder av en instrumenttekniker, vilket följs av en felsökning. Under denna process görs en bedömning av huruvida reglerventilen bör transporteras till verkstad för reparation eller om åtgärder kan utföras direkt i fält [7][8].

2.2.1 ValveLink

ValveLink är en programvaruplattform utvecklad av Emerson, särskilt framtagen för att optimera prestandan hos reglerventiler. En av dess mest uppskattade funktioner är den avancerade diagnostiken som gör det möjligt att övervaka ventilernas tillstånd i realtid. Programvaran kan tidigt identifiera potentiella avvikelser exempelvis luftläckage, ökad friktion, slitage på packningar eller försämrade kvalitet på instrumentluften. Detta gör det möjligt att vidta proaktiva underhållsåtgärder. På så sätt minskas risken för fel och oväntade driftstopp [?].

Programvaran finns i flera versioner, anpassade för olika industrier och deras specifika behov. ValveLink Solo fungerar som en fristående applikation för konfiguration, kalibrering och diagnostik. ValveLink SNAP-ON är en modul integrerad i AMS Device Manager som gör det möjligt att automatisera tester, generera rapporter och övervaka reglerventiler på distans. [?][9][10].

ValveLink möjliggör diagnostik som kan utföras automatiskt eller enligt schema. Detta säkerställer att reglerventilerna fungerar korrekt och ger tidiga underhållslarm om potentiella fel. Ett exempel på sådan diagnostik är Partial Stroke Test (PST). För att effektivisera underhållsprocesserna inkluderar ValveLink Batch Runner och Concurrent Batch att diagnostik körs parallellt på flera reglerventiler samtidigt. Detta sker ofta under planerade driftstopp, då man utför mer omfattande diagnostik för att utvärdera reglerventilernas prestanda [2][?][9][10].

2.2.2 HART

Highway Addressable Remote Transducer (HART) är ett kommunikationsprotokoll som kombinerar analoga och digitala signaler för att möjliggöra tvåvägskommunikation. Systemet används oftast inom automation och styrteknik. HART kommunikation bygger på att introducera en frekvensskiftsmodulerad (FSK) signal på en redan befintlig sluten krets utan att störa dess funktion. Detta tillåter tvåvägskommunikation via punkt-till-punkt kommunikation mellan ställdon och dess respektive HART-länk. Kommunikationen följer OSI-modellen. Detta möjliggör fjärrdiagnostik, förutsäggande underhåll och processtyrning [11][12].

2.2.3 Punkt-till-Punkt kommunikation

I en punkt-till-punkt-förbindelse sker kommunikationen exklusivt mellan två noder, vilket innebär att data överförs direkt utan att delas med andra nätverksdeltagare. Detta ger hög säkerhet och enkel implementering men med en begränsad skalbarhet, vilket gör det mindre lämplig för större nätverk [13].

2.2.4 OSI-Modellen

OSI-modellen standardiserar och strukturerar nätverkskommunikation genom att dela upp den i sju hierarkiska lager:

- **Fysiska lagret (L1):** Hanterar fysisk överföring av signaler via medier som koppartråd, fiberoptik eller trådlösa signaler, exempelvis som den slutna kretsen i HART-fallet.
- **Datalänklagret (L2):** Ansvarar för felkontroll och hantering av MAC-adresser. Protokoll som Ethernet och Wi-Fi ingår i detta lager.
- **Nätverkslagret (L3):** Sköter routing av datapaket mellan nätverk och möjliggör logisk adressering, exempelvis via Internet Protocol (IP).
- **Transportlagret (L4):** Säkerställer tillförlitlig dataöverföring och felkontroll med protokoll som TCP och UDP.
- **Sessionlagret (L5):** Etablerar, underhåller och avslutar kommunikationssessioner mellan applikationer.
- **Presentationslagret (L6):** Ansvarar för kodning, kryptering och dataformatering för att säkerställa kompatibilitet mellan olika system.
- **Applikationslagret (L7):** Fungerar som gränssnitt för användarapplikationer och nätverkstjänster, exempelvis HTTP, FTP och SMTP.

Systemet fungerar genom att varje lager tillhandahåller tjänster till de överliggande lagren, samtidigt som det utnyttjar resurser och tjänster från de underliggande lagren [13].

2.2.5 Foundation Fieldbus

Foundation Fieldbus är ett digitalt tvåvägskommunikationsprotokoll. Till skillnad från HART, där varje fältenhet kräver en separat kabelanslutning, möjliggör Foundation Fieldbus en multidrop-konfiguration (busskommunikation). Detta innebär att upp till 32 enheter kan dela en enda kabel, vilket minskar installationskostnader, förenklar systemkomplexiteten och ökar den samtidiga datatrafiken [14].

Protokollet finns i två huvudvarianter: H1, som opererar vid 31,25 kbit/s och används för kommunikation mellan fältenheter, samt HSE (High-Speed Ethernet), som arbetar vid 100 Mbit/s och används för att ansluta styrsystem och I/O-enheter [14].

2.3 Lägesställaren DVC6200

DVC6200 som visas i figur 2.2 är en lägesställare från Emerson och är den modell som för närvarande är installerad på 650 st av raffinaderiets reglerventiler. Det är en smart lägesställare vilket innebär att den använder avancerad teknik för att styra reglerventiler och använder också inbyggda diagnostikfunktioner och kan utföra diagnostiktester.



Figur 2.2: Lägesställaren DVC6200 [2].

Diagnostiken som lägesställaren kan få ut syftar till att identifiera fel och säkerställa att utrustningen fungerar som den ska. Diagnostiken kan generellt delas in i tre nivåer: Advanced diagnostics (AD), Safety Instrument System diagnostics (SIS) och Performance Diagnostics (PD). Förhållandet mellan AD-nivå och PD-nivå diagnostik på lägesställaren är att alla diagnostiska tester på AD-nivå också kan utföras på PD-nivå, men inte tvärtom [2][15].

Detta illustreras i figur 2.3 nedan:



Figur 2.3: Diagram som illustrerar relationerna mellan PD-nivå och AD-nivå diagnostik.

2.3.1 AD-nivå diagnostik

Inom diagnostiken med DVC6200 används begreppet Advanced Diagnostics (AD) för att beteckna en av de diagnostiska nivåer som lägesställaren kan hantera [15].

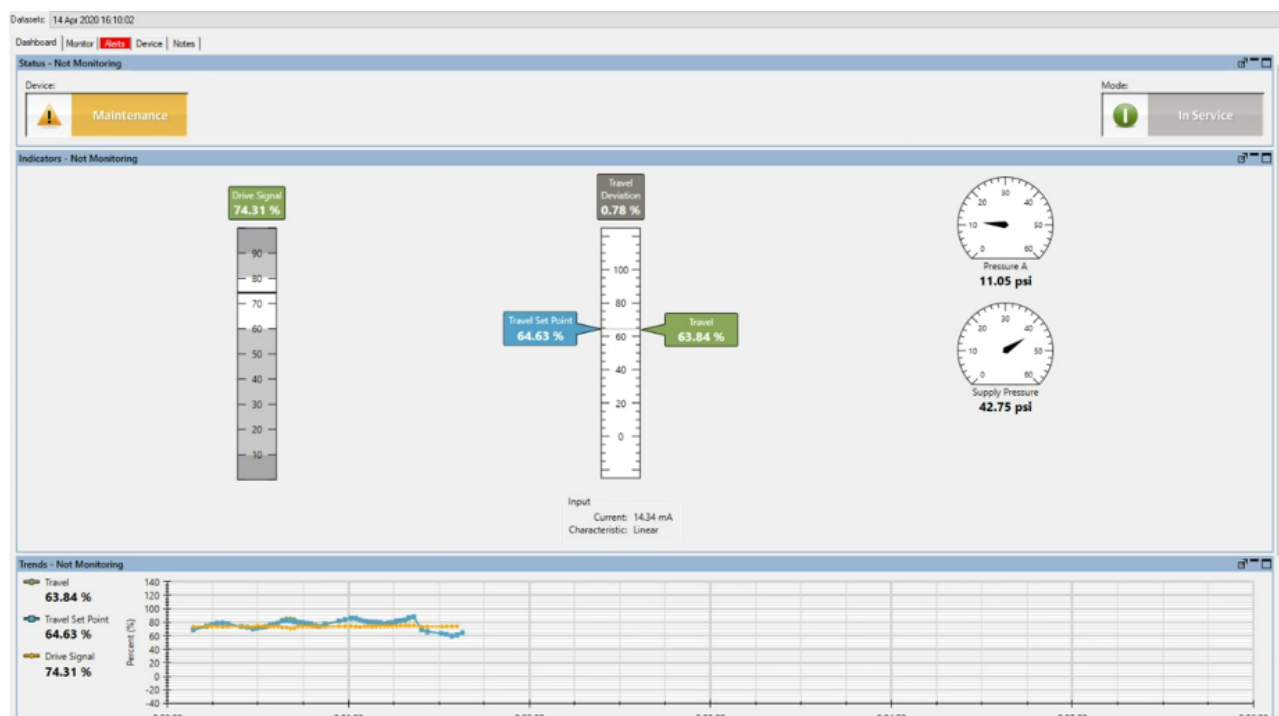
Diagnostiken på AD-nivå sammanfattas i tabell 2.1 nedan:

	Status Monitor	Valve Total Scan and Step Response Tests	Air Leakage	Supply Pressure	In-Service Friction and Friction Trending	I/P and Relay Integrity	Travel Deviation & Relay Adjustment	Partial Stroke Test
AD	X	X						

Tabell 2.1: Tabell över vilka tester som kan utföras med AD-nivå diagnostik.

2.3.1.1 Status Monitor

Detta är en diagnostikfunktion som kontinuerligt övervakar instrumentets driftparametrar som ingångsström, inställt läge, rörelser och tryck vilket visas i figur 2.4. Denna diagnostik ger även information om aktiva varningar. Det visas en kort historik av reglerventilens drift och hälsostatus, vilket är värdefullt för övervakning, felsökning och underhållsplanering [15][16].



Figur 2.4: Status monitor [17].

I figur 2.4 kan man utläsa "Drive Signal" vilket är signalen som positioneraren skickar till ställdonet för att få reglerventilen att röra sig. Detta värde är ett mått på hur mycket kraft som används för att nå eller hålla positionen.

"Travel Set Point" är den önskade positionen för reglerventilen. Målet är att reglerventilens faktiska läge ska matcha detta värde. Skillnaden mellan börvärdet och den aktuella positionen i figur 2.4 tyder på att reglerventilen är nästan exakt där den ska vara, vilket är ett tecken på god reglering.

"Travel" representerar reglerventilens faktiska uppmätta position just nu, det vill säga hur mycket den är öppen eller stängd. Skillnaden mellan den aktuella positionen och börvärdet innebär att reglerventilen är nära sin önskade position, vilket tyder på effektiv reglering.

"Travel Deviation" är skillnaden mellan det aktuella börvärdet och den faktiska positionen. Ett lågt värde på rörelseavvikelsen indikerar att reglerventilen är nära sin önskade position och fungerar effektivt.

”Pressure A” anger trycket på ena sidan av ställdonet. Detta tryck ger en indikation på den kraft som appliceras för att hålla eller flytta reglerventilen. Man kan utläsa att det är inom ett stabilt och korrekt intervall för att upprätthålla reglerventilens funktion.

”Supply Pressure” är trycket som matas till ställdonet. Detta tryck är nödvändigt för att reglerventilen ska kunna fungera korrekt. Man kan utläsa att systemet har tillräcklig och stabil tryckförsörjning.

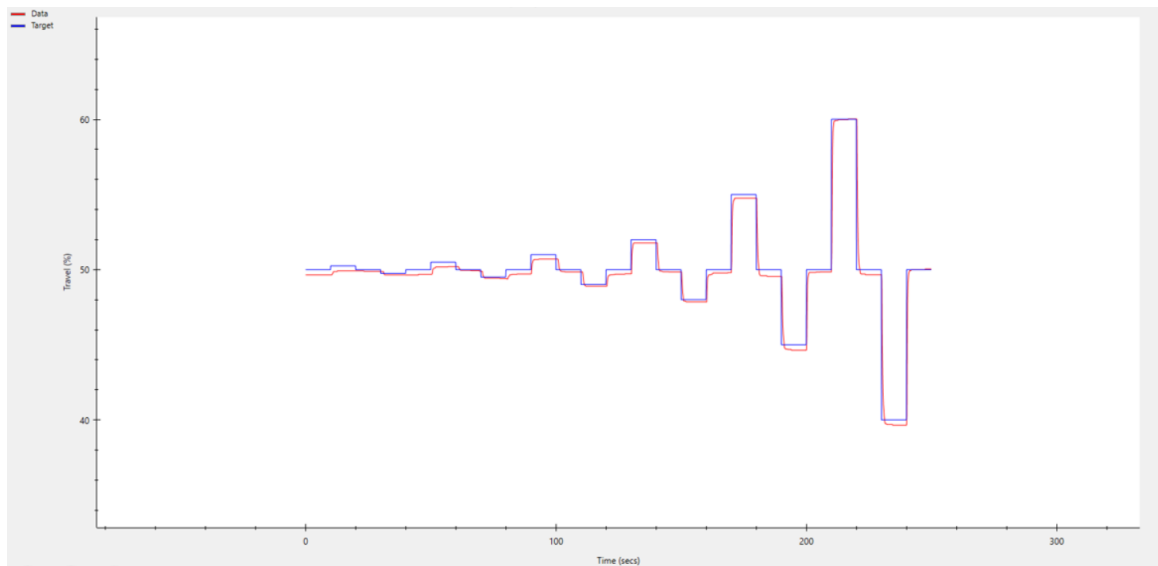
Grafen som visas längst ner i figur 2.4 (Trend-grafen) illustrerar hur Travel (blå linje), Travel Set Point (gul linje) och Drive Signal (brun linje) har förändrats under de senaste cirka 1,5 minuterna [15][16].

2.3.1.2 Valve Total Scan och Step Response Tests

Figur 2.5 illustrerar resultatet från ett Step Response-test som är ett diagnostik test som ofta används tillsammans med Valve Total Scan, vilket visas i 2.6. Denna diagnostik genomförs vanligtvis under planerade driftstopp för att proaktivt utvärdera reglerventilers mekaniska och dynamiska funktion. Syftet är att tidigt identifiera potentiella problem, upptäcka prestandaavvikelser och därigenom möjliggöra förebyggande underhåll.

Vid ett Step Response test utsätts ventilen för en serie diskreta, stegvisa förändringar i styrsignalen. Rörelsen reglerventilen utför att uppnå det inställda börvärdet mäts över tid, vilket ger en bild av dess faktiska respons. Den resulterande kurvan visas i sekunder på X-axeln och ventilens öppningsgrad (travel i %) på Y-axeln [2][15][16].

Ett exempel på en testkörning av Step response visas i figur 2.5 nedan:

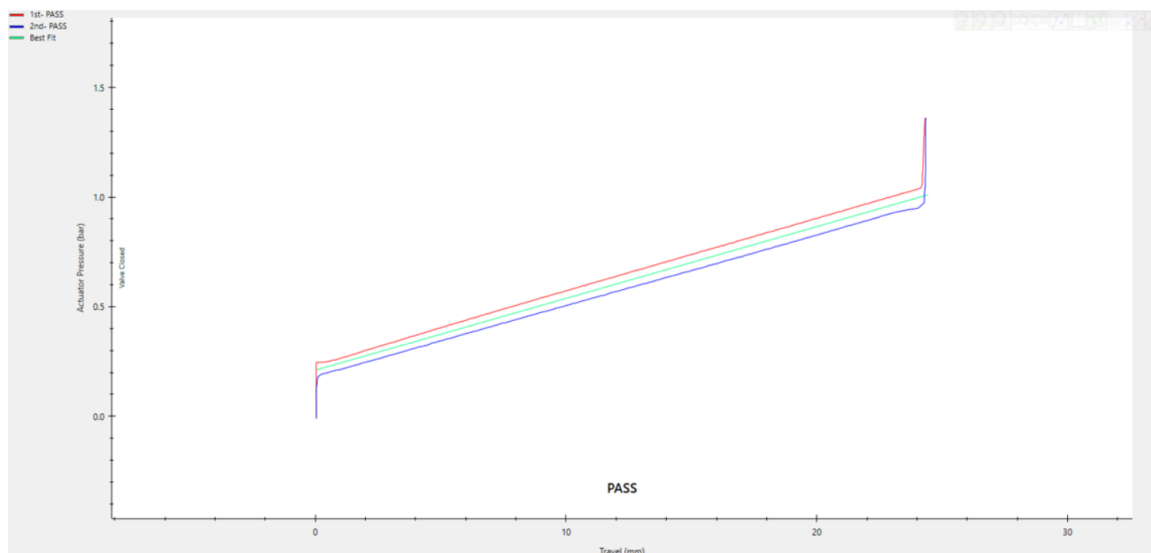


Figur 2.5: Step Response test [17].

I figur 2.5 kan man se att kurvans lutning och form ger information om hur snabbt och exakt reglerventilen svarar på förändringar i styrsignalen. Den röda kurvan följer noggrant den blå, vilket indikerar att reglerventilen effektivt anpassar sig till börvärdet. Reglerventilen har en förväntad mindre fördröjning och reagerar snabbt med hög precision utan märkbar instabilitet. Detta tyder på att reglerventilen fungerar optimalt i drift [2][15][16].

Diagnostiktestet Total Scan identifierar avvikelser i den ackumulerade ventilrörelsen mellan upprepade tester, där reglerventilens rörelse registreras över hela sitt arbetsområde. Diagnostiken innebär en systematisk provning av reglerventilens arbetsområde, där styrsignalen varierar för att undersöka reglerventilens respons. Analysen fokuserar på att upptäcka avvikelser mellan styrsignal och faktiska positionen hos reglerventilen. På X-axeln visas tiden i sekunder, medan Y-axeln visar reglerventilens aktuella öppningsgrad, vilket bör följa börvärdet och uttrycks som procentuell travel från helt stängd (0%) till helt öppen (100%) vilket ses på den röda grafen, och sedan från helt öppen (100%) till helt stängd (0%) igen vilket visas på den blå grafen. [2][15][16].

Ett exempel på en testkörning av Total Scan visas i figur 2.6 nedan:



Figur 2.6: Total Scan test [17].

I Figur 2.6 kan man se reglerventilens förmåga att följa ett referensvärde för ventilrörelsen. Styrsignalen varierar kontinuerligt inom ett visst intervall, medan reglerventilens rörelse registreras över tid för att analysera dess respons. Det går att se att reglerventilens kurva är jämn och fri från oregelbundna spikar eller dalar, vilket tyder på att det inte finns någon onormal kärvning eller höga friktionspunkter. Diagnostiktestet har resulterat i ett "PASS", vilket också indikerar att reglerventilen fungerar som den ska i drift.

2.3.2 PD-nivå diagnostik

Inom diagnostiken med DVC6200 används begreppet Performance diagnostics (PD) för att beteckna en av de diagnostiska nivåer som lägesställaren kan hantera [15].

Diagnostiken på PD-nivå sammanfattas i tabell 2.2 nedan:

	Status Monitor	Valve Total Scan and Step Response Tests	Air Leakage	Supply Pressure	In-Service Friction and Friction Trending	I/P and Relay Integrity	Travel Deviation & Relay Adjustment	Partial Stroke Test
PD	X	X	X	X	X	X	X	

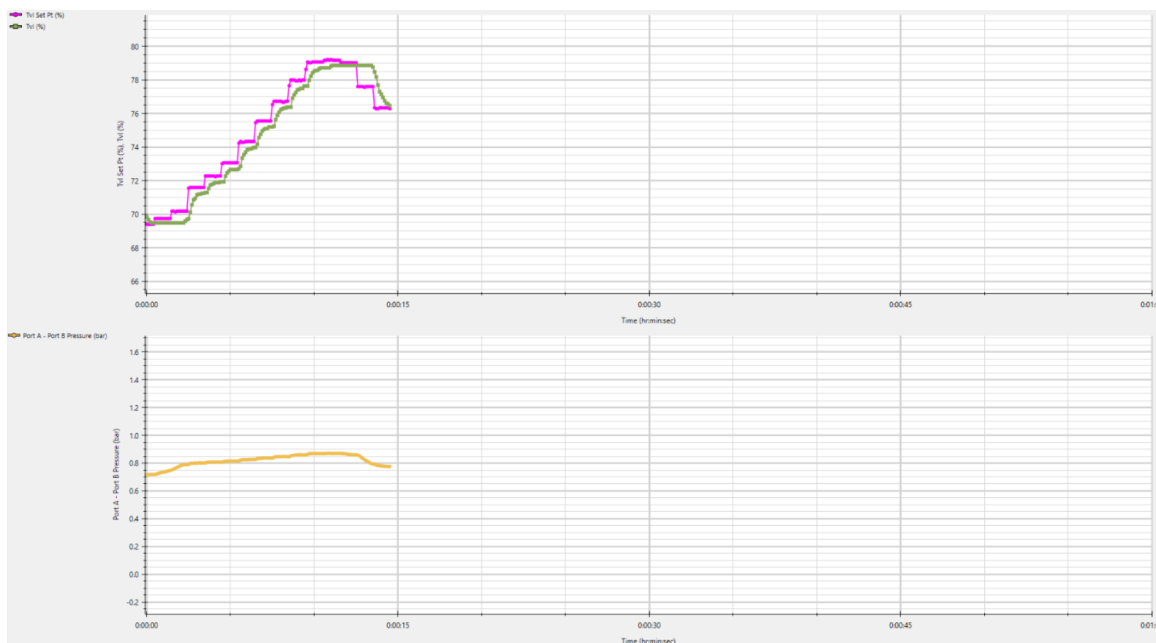
Tabell 2.2: Tabell över vilka tester som kan utföras med PD-nivå diagnostik [15].

2.3.2.1 In-Service Friction och Friction Trending

In-Service Friction och Friction Trending är diagnostiktester som används för att mäta friktionen i reglerventilen under drift. Detta görs genom att man konstant övervakar, analyserar och samlar in data om reglerventilens funktion och effektivitet.

Vid detta diagnostiktest genereras två grafer. I den övre grafen motsvarar X-axeln tiden i sekunder, medan Y-axeln visar reglerventilens styrsignal (travel set point) i procent. I den nedre grafen representerar X-axeln också tiden i sekunder, medan Y-axeln visar differenstrycket i bar. Den nedre grafen illustrerar hur differenstrycket varierar i takt med ventilens rörelser som visas i den övre grafen. Detta visar trycket som krävs för att övervinna friktionen och initiera ventilerörelsen, samt för att bibehålla den nya positionen. [2][15][16].

Ett exempel på ett In-Service Friction-test visas i figur 2.7 nedan:

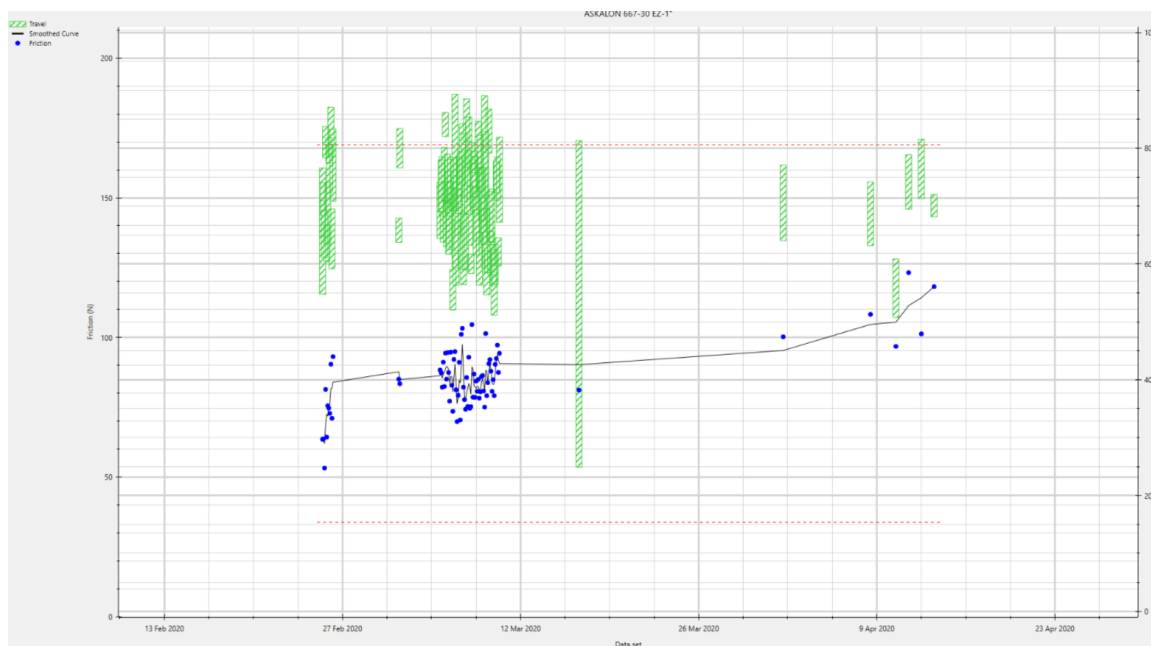


Figur 2.7: In-Service Friction test [17].

I figur 2.7 kan man utläsa att börvärdet (rosa kurvan) ändras i tydliga steg uppåt under en period och sedan med några steg nedåt. Detta är typiskt för ett in-service friction test, där små förändringar i börvärdet appliceras för att observera reglerventilens respons. Den gröna kurvan representerar det faktiska ärvärdet, och där kan man observera små avvikelser i jämförelse med börvärdet, vilket tyder på att det finns viss friktion i reglerventilens rörelse. Förekomsten av sådan friktion innebär att reglerventilens prestanda i drift kommer att vara nedsatt, vilket kan potentiellt öka slitage hos reglerventilen.

Figur 2.8 visar en långtidsövervakning av reglerventilens friktion och positionsdata under en längre tidsperiod för trendanalys. På den vänstra Y-axeln återfinns hur mycket reglerventilen har förflyttat sig i procent (%), och på den högra Y-axeln visas ventilfriktion (blå punkter). X-axeln representerar kalenderdatum.

Ett exempel på en testkörning av Friction Trending test visas i figur 2.8 nedan:



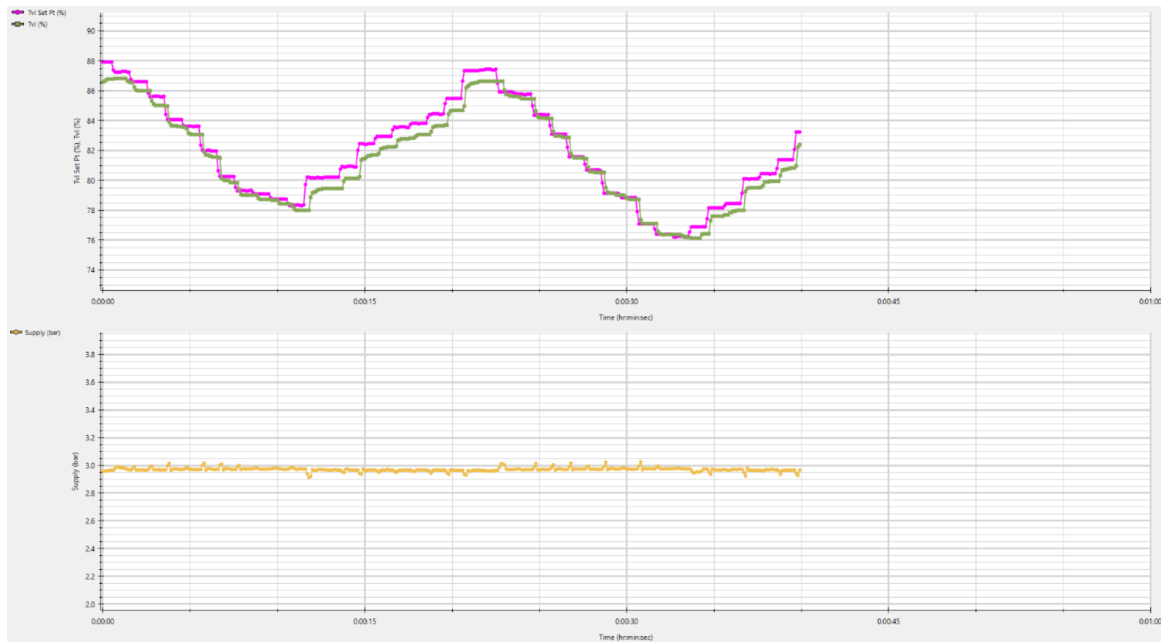
Figur 2.8: Friction Trending test [17].

Figur 2.8 visar en reglerventils beteende under perioden från slutet av februari 2020 till början av april 2020. De gröna vertikala staplarna representerar reglerventilens slaglängd mellan de olika mätningarna, medan de blå markörerna visar uppmätt friktion vid varje testtillfälle. Inledningsvis är friktionen låg, men den ökar gradvis under den studerade perioden, vilket tyder på att ventilens friktion successivt har ökat. Den svarta kurvan illustrerar ett glidande medelvärde av friktionsvärdena och visar en tydlig uppåtgående trend. De röda horisontella linjerna markerar gränserna för tillåtet rörelseområde för reglerventilen. Ifall den svarta kurvan passerar någon av dem röda linjerna så skickas ett larm till AMS. Sammantaget indikerar det på en möjlig degradering i reglerventilens tillstånd. Den ökande friktionen i kombination med förändringar i rörelsemönstret kan tyda på exempelvis packboxslitage, beläggningar i ventilhuset eller försämrade smörjning.

2.3.2.2 Supply Pressure

Supply pressure är ett diagnostiktest som används för att kontrollera reglerventilens reaktion på förändringar i tillförd tryckluft och ger information om reglerventilens funktion och eventuella läckage i reglerventilen. Under testet mäts både reglerventilens position och det totala luftflödet till systemet. Genom att tillföra ett kontrollerat luftflöde observeras hur reglerventilen reagerar över tid. I den övre grafen representerar X-axeln tiden, medan Y-axeln visar reglerventilens position som procent av dess fulla rörelseomfång. Den undre grafen visar matningstrycket som tillförs systemet under testförloppet [2][15][16].

Ett exempel på ett test av Supply Pressure visas i figur 2.9 nedan:



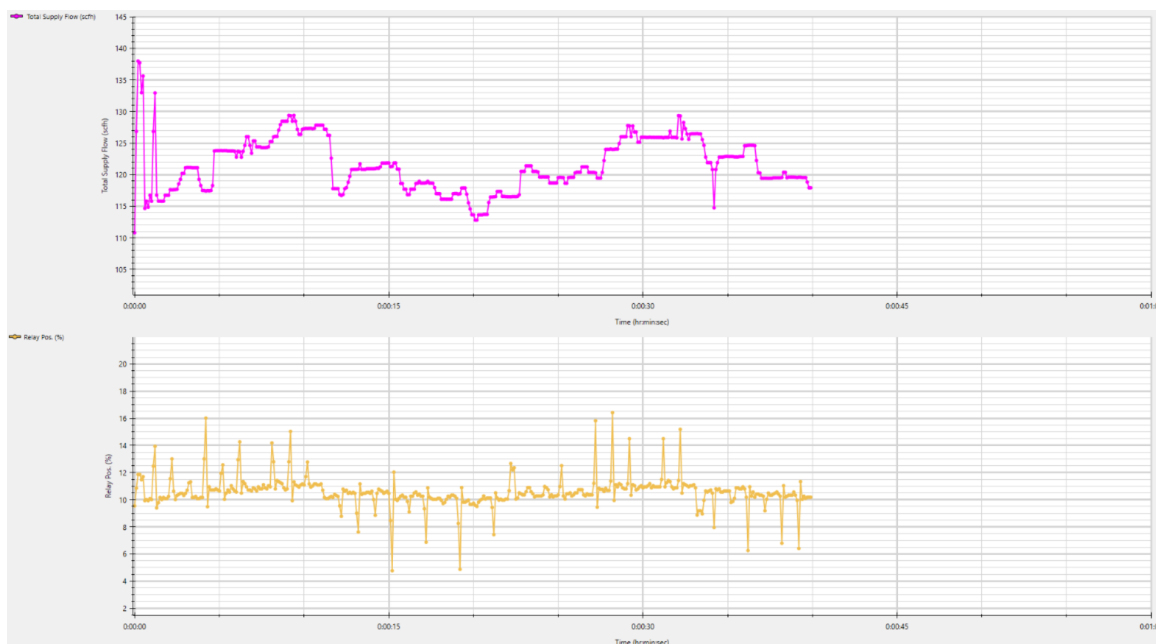
Figur 2.9: Supply Pressure test [17].

I Figur 2.9 kan man följa ett testförlopp som sträcker sig över cirka 40 sekunder. I den övre grafen visas börvärdet (rosa kurva) för reglerventilens position, som varieras i stegvisa sekvenser, och det faktiska ärvärdet (grön kurva) för ventilens position. Det framgår tydligt att ärvärdet följer börvärdet med god respons och minimalt fel, vilket indikerar en välfungerande reglerventil i drift.

2.3.2.3 Air Leakage

Air Leakage är ett diagnostiktest som används för att identifiera potentiella läckage i reglerventiler genom att analysera luftförbrukningen och tryckvariationer. Under testet mäts lufttrycket från flera sensorer placerade vid olika punkter i reglerventilen. Det analyseras tryckskillnader mellan dessa punkter, samt förändringar över tid. I detta test får man ut två grafer. I den övre grafen är y-axeln Supply (psi), vilket representerar trycket som tillförs reglerventilen och X-axeln är tid. I den undre grafen är Y-axeln Travel set point (%) och Travel (%), vilket visar reglerventilets ställpunkt och faktisk rörelse (travel) där X-axeln också är tid [2][15][16].

Ett exempel på en testkörning visas i figur 2.10 nedan:



Figur 2.10: Air Leakage test [17].

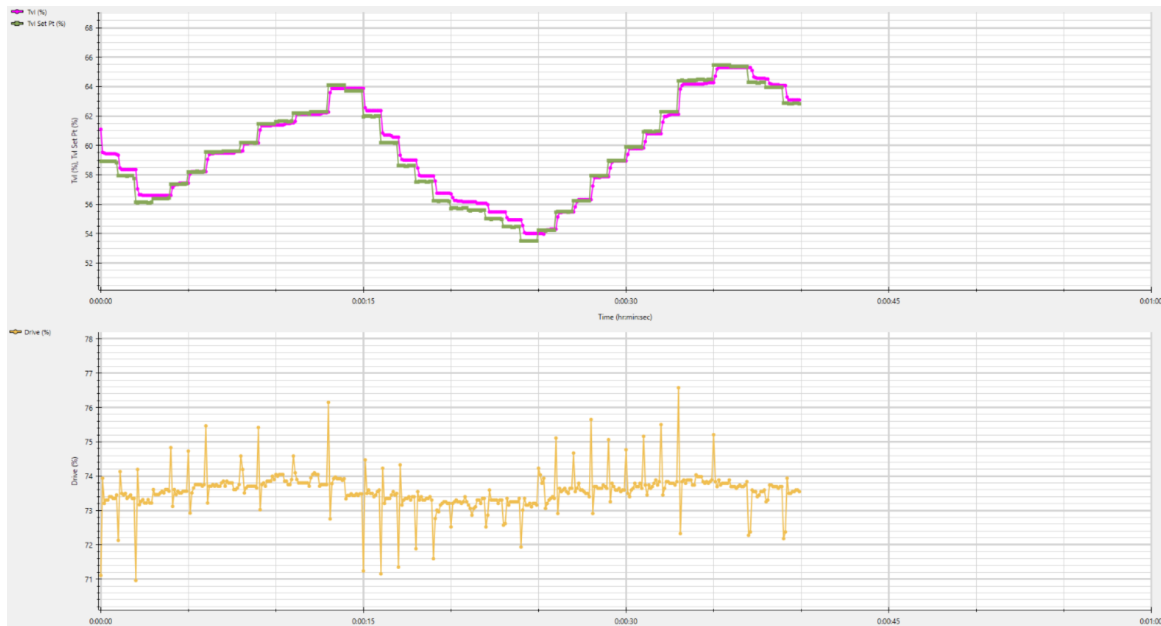
I figur 2.10 visas ett testförlopp som sträcker sig över cirka 40 sekunder. Den övre grafen visar luftflödet till reglerventilen, vilket motsvarar det totala matningsflödet. Matningsflödet varierar över tid, vilket tyder på att ventilen kontinuerligt kompenserar för förändringar i systemet. I den nedre grafen redovisas reläets position i reglerventilen. Kurvan uppvisar högfrekventa och snabba oscillationer, vilket innebär att reläet ständigt justerar sin position. Denna typ av beteende kan tyda på ett luftläckage, eftersom reglerventilen måste arbeta kontinuerligt för att bibehålla tryckbalansen [15][16].

2.3.2.4 I/P och Relay Integrity

I/P and Relay Integrity är ett diagnostiktest som syftar till att identifiera problem i I/P-omvandlaren och reläet i reglerventilen. Testet kan upptäcka olika typer av fel som påverkar reglerventilens prestanda och tillförlitlighet, samt indikera förskjutningar i kalibreringen.

Som resultat av detta test erhålls två grafer. I den övre grafen representerar X-axeln tiden i sekunder, medan Y-axeln visar styrsignalen i procent (%). I den undre grafen representerar X-axeln också tid i sekunder, medan Y-axeln visar Drive (%), vilket är den drivsignal som styr reglerventilen [2][15].

Ett exempel på en testkörning visas i figur 2.11 nedan:



Figur 2.11: I/P and Relay Integrity test [17].

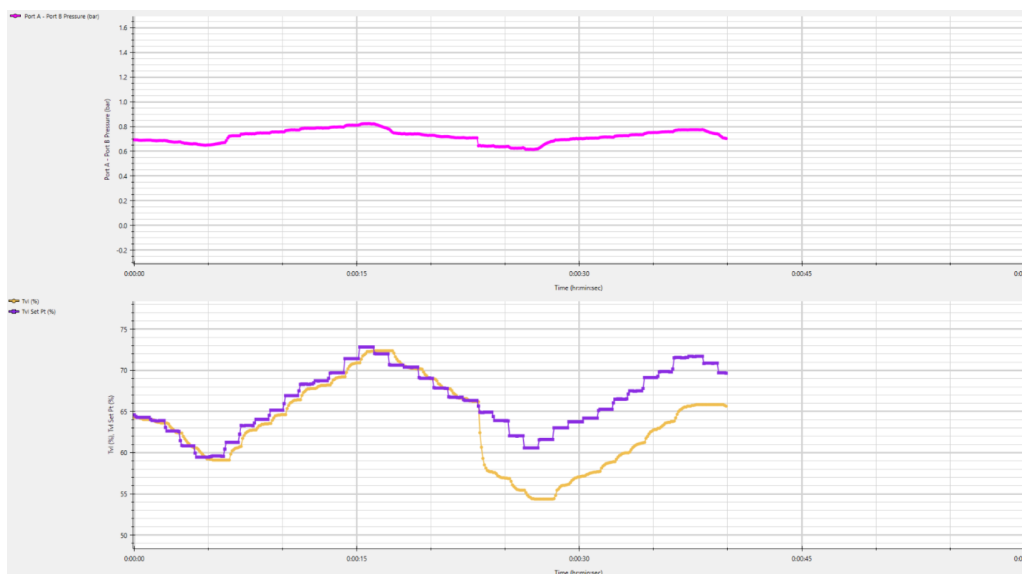
I figur 2.11 visas ett testförlopp över 40 sekunder. I den övre grafen visas börvärdet (rosa kurva), som följer en trappstegsformad förändring där styrsignalen ökar och minskar. Den gröna kurvan representerar ärvärdet, och man kan se att dessa två kurvor överensstämmer väl. Detta indikerar att I/P-omvandlaren uppvisar god stabilitet [2][15].

2.3.2.5 Travel Deviation och Relay Adjustment

Travel Deviation och Relay Adjustment är diagnostiska tester som används för att övervaka trycket i ställdonet. Under dessa tester övervakas ställdonets tryck för att identifiera eventuella problem och för att fastställa om ställdonet inte får tillräckligt med försörjningstryck.

I diagnostiktestet Travel Deviation får man ut två grafer. I den övre grafen representerar X-axeln tiden i sekunder, medan Y-axeln visar trycket (Bar), vilket motsvarar tryckskillnaden mellan två portar i ställdonet. Den undre grafen representerar X-axeln tiden i sekunder och Y-axeln visar ventilpositionen (%) [2][15].

Ett exempel på en testkörning av Travel Deviation visas i figur 2.12 nedan:



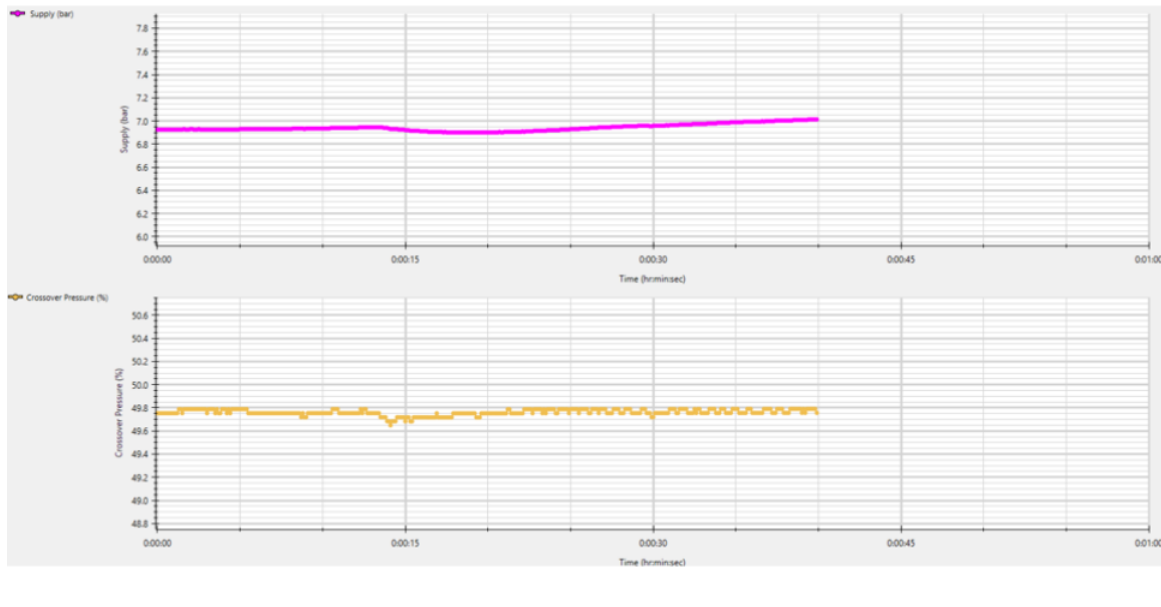
Figur 2.12: Travel Deviation test [17].

I figur 2.12 visas ett testförlopp över cirka 40 sekunder. I den övre grafen syns tryckskillnaden mellan två portar i ställdonet, som förblir relativt jämn med mindre variationer. Detta tyder på att ställdonet får ett stabilt tryckflöde.

I den undre grafen visas börvärdet (lila kurvan), som följer en trappstegsformad förändring där trycket ökar och minskar. Den gula kurvan representerar ärvärde, och inledningsvis följer den börvärdet relativt väl. I tidsförloppet kan man däremot observera en tydlig avvikelse efter 25 sekunder in i testet. Denna avvikelse tyder på att reglerventilen reagerar trögt och att ställdonet har svårt att hålla önskad position.

Relay adjustment är ett diagnostiktest som beskriver hur två tryckparametrar förändras över tid. I den övre grafen representerar Y-axeln det aktuella försörjningstrycket i systemet (bar). I den nedre grafen visar Y-axeln crossover-trycket (%), vilket speglar balansen eller övergången mellan de två trycknivåerna i det reglerade systemet.

Ett exempel på en testkörning av Relay Adjustment visas i figur 2.13 :



Figur 2.13: Relay adjustment test [17].

I figur 2.13 visas ett testförlopp över cirka 40 sekunder. Datan i de båda graferna tillsammans visar att trycknivåerna är stabila under den observerade tidsperioden, med endast små variationer. Detta tyder på att systemet befinner sig i ett stabilt driftläge och att regleringen av tryckförhållandena fungerar enligt förväntan.

2.3.3 SIS-nivå diagnostik

Inom diagnostiken med DVC6200 används begreppet Safety Instrumented System (SIS) för att beteckna en av de diagnostiska nivåer som lägesställaren kan hantera [15].

Diagnostiken på SIS-nivå sammanfattas i tabell 2.3 nedan:

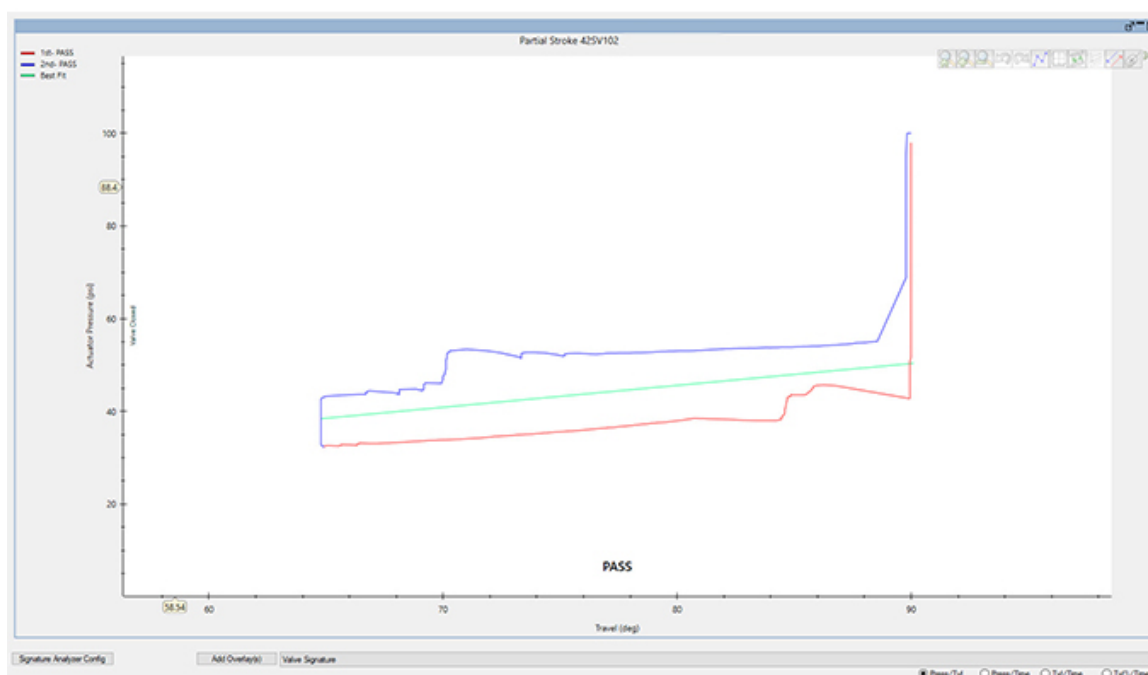
	Status Monitor	Valve Total Scan and Step Response Tests	Air Leakage	Supply Pressure	In-Service Friction and Friction Trending	I/P and Relay Integrity	Travel Deviation & Relay Adjustment	Partial Stroke Test
SIS	X	X						X

Tabell 2.3: Tabell över vilka tester som kan utföras med SIS-nivå diagnostik.

2.3.3.1 Partial Stroke Test

Partial Stroke Test (PST) är ett diagnostiktest som används för att utvärdera ventilens funktion och aktuatorens respons utan att helt stänga ventilen. Testet utförs genom att långsamt röra ventilen en del av dess totala ventilhöjd från det aktuella börvärdet, oftast 5-10%, och sedan återgå till det normala drift igen. På så sätt kan man kontrollera ventilens reaktion på styrsignaler och säkerställa att den fungerar som förväntat i drift samt fastställer att ventilen inte har fastnat. I grafen representerar x-axeln slaglängd (grader), vilket indikerar hur mycket reglerventilen öppnas eller stängs. Y-axeln visar ställonstryck (bar), vilket motsvarar det lufttryck som krävs för att justera ventilens öppning [2][15][16].

Ett exempel på ett PST test som gjordes 2022 av Preem visas i figur 2.14



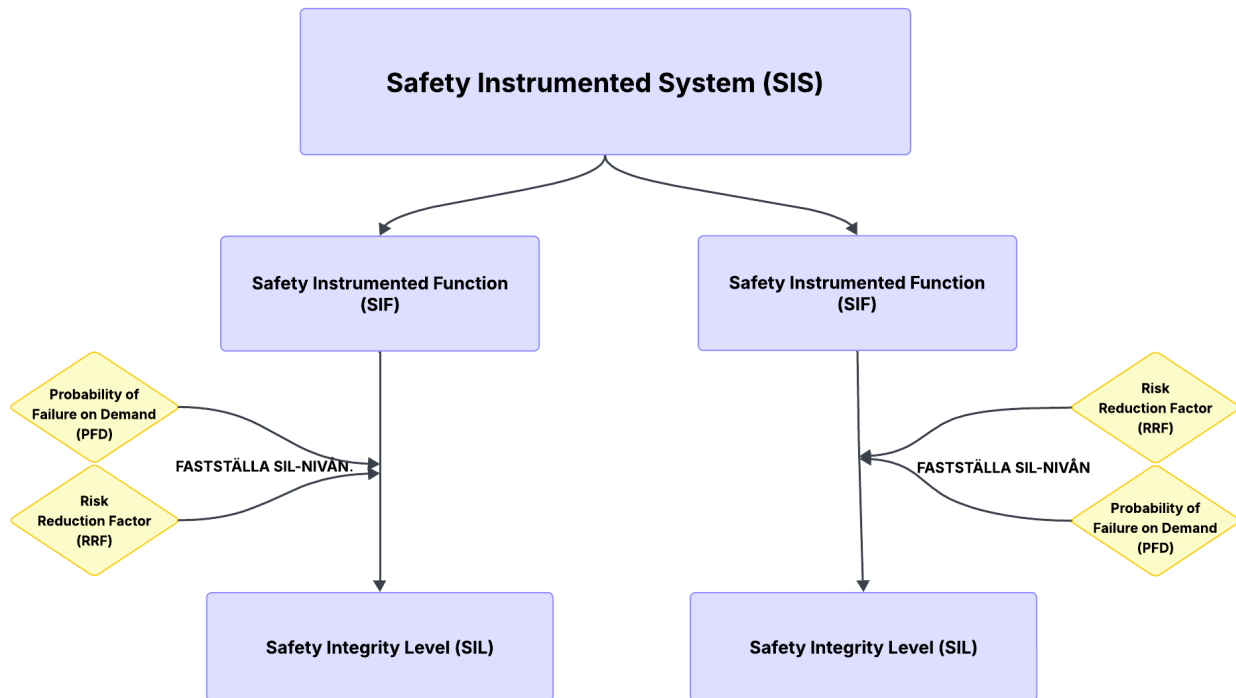
Figur 2.14: PST på driftstopp år 2022 [7].

Figur 2.14 visar ett testförlopp där den röda kurvan representerar ventilens faktiska beteende under den första PST-omgången, då ventilen avviker från sitt nuvarande börvärde. Den blå kurvan representerar hur reglerventilen beter sig på väg tillbaka till börvärdet. Den gröna kurvan ("Best Fit") är en minsta avståndapproximeringskurva som återspeglar den genomsnittliga trenden i ventilens prestanda över de genomförda testkörningarna. Slutligen har diagnostiktestet också resulterat i ett "PASS", vilket bekräftar att reglerventilen fungerar som förväntat i drift [2][15][16].

2.4 Safety Instrumented System (SIS)

Safety Instrumented System (SIS) är ett automatiserat system som är utformat för att identifiera farliga situationer och förhindra olyckor. På Preems raffinaderi används SIS för att hantera de betydande risker som kan uppstå på människor, miljö och utrustning [15][19].

I figur 2.15 visas uppbyggnaden av SIS samt viktiga begrepp inom systemet:



Figur 2.15: Visualisering över ett SIS-system med 2 SIF-funktioner.

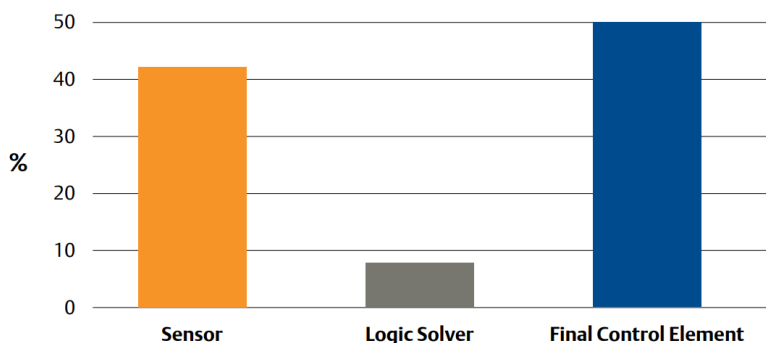
I figur 2.15 kan man utläsa att ett Safety Instrumented System (SIS) består av en eller flera Safety Instrumented Functions (SIF), där varje funktion är utformad för att hantera en specifik risk. För att säkerställa att varje SIF har tillräcklig tillförlitlighet tilldelas den en Safety Integrity Level (SIL), vilket är ett mått på hur sannolikt det är att funktionen kommer att fungera korrekt när den behövs. För att fastställa SIL-nivån används bland annat mått som Probability of Failure on Demand (PFD) och Risk Reduction Factor (RRF) [15][19].

Nedan följer en tydligare beskrivning av varje del i SIS:

2.4.1 Safety Instrumented Function (SIF)

Safety Instrumented Function (SIF) är en specifik säkerhetsfunktion inom SIL. Denna säkerhetsfunktion används för att föra en process till ett säkert tillstånd när en farlig situation inträffar i processen. För att säkerställa korrekt utformning, installation och verifiering av SIF används en säkerhetsmanual. Denna manual innehåller all nödvändig information och specifika data som krävs för att uppfylla säkerhetskraven. SIF består av tre huvudkomponenter: sensorer, logikenheter & final elements. Sensorn är extern från lägesställaren och mäter oftast temperatur, flöde och tryck. Logic Solver är den som bestämmer när och vilken händelse som skall tas baserat på informationen från sensorerna. Final elements utför de nödvändiga åtgärderna för ventilen baserat på de valen Logic solver har gjort, exempelvis genom att stänga flödet för att föra processen till ett säkert tillstånd [15][19][20].

I figur 2.16 nedan beskrivs hur många procent av alla registrerade fel i SIF som hör till respektive komponent.



Figur 2.16: Hur distribueringen av fel ser ut när det kommer till de olika elementen i SIF [15].

Från figur 2.6 kan man se att den största delen av felen befinner sig i Final Element och i Sensorerna. Då Final element står för 50 % av felen är det viktigt att ventiler väljs så att de uppfyller produktens designkrav, når önskad SIL-nivå och testas regelbundet med proof-tester. Proof tester är återkommande tester som utförs för att identifiera farliga eller dolda fel i systemet och bekräfta att det vid behov kan föra processen till ett säkert tillstånd. Proof test spelar en central roll i att upprätthålla viktiga säkerhetsparametrar inom SIS [15].

Nedan följer en beskrivning av dessa säkerhetsparametrar:

2.4.1.1 Probability of Failure on Demand (PFD_{avg})

Probability of Failure on Demand (PFD_{avg}) inom SIF är den genomsnittliga sannolikheten för fel vid behov för en säkerhetsfunktion [19][20].

Ekvation 2.1 visar hur man kan via en linjär approximation beräkna PFD:

$$PFD = \frac{\lambda_{\text{farlig, odetekterad}}}{2} = \frac{\lambda_{DU}}{2} \quad (2.1)$$

Där:

PFD = Probability of Failure on Demand.

$\lambda_{\text{farlig, odetekterad}} = \lambda_{DU}$ = felintensitet för farliga och odetekterade fel.

2.4.1.2 Diagnostic Coverage (DC)

Diagnostic Coverage (DC) är ett mått på hur effektivt ventilens inbyggda diagnostik kan upptäcka farliga fel i förhållande till det totala antalet möjliga fel [19][20].

Ekvation 2.2 visar hur man kan beräkna DC:

$$DC = \frac{\lambda_{\text{farlig, detekterad}}}{\lambda_{\text{farlig, detekterad}} + \lambda_{\text{farlig, odetekterad}}} = \frac{\lambda_{DD}}{\lambda_{DD} + \lambda_{DU}} \quad (2.2)$$

Där:

DC = Diagnostic Coverage.

$\lambda_{\text{farlig, detekterad}} = \lambda_{DD}$ = felintensitet för farliga och detekterade fel.

$\lambda_{\text{farlig, odetekterad}} = \lambda_{DU}$ = felintensitet för farliga och odetekterade fel.

2.4.1.3 Safe Failure Fraction (SFF)

Safe Failure Fraction (SFF) är ett mått på andelen av alla fel i ventilen som antingen är säkra eller farliga och som upptäcks av diagnostiken. Med andra ord, det beskriver sannolikheten att ett fel upptäcks innan det orsakar någon skada [19][20].

Ekvation 2.3 visar hur man kan beräkna SFF:

$$\text{SFF} = \frac{\lambda_{\text{säker}} + \lambda_{\text{farlig, detekterad}}}{\lambda_{\text{säker}} + \lambda_{\text{farlig, detekterad}} + \lambda_{\text{farlig, odetekterad}}} = \frac{\lambda_S + \lambda_{DD}}{\lambda_S + \lambda_{DD} + \lambda_{DU}} \quad (2.3)$$

Där:

SFF = Safe Failure Fraction.

$\lambda_{\text{säker}} = \lambda_S$ = felintensitet för säkra fel.

$\lambda_{\text{farlig, detekterad}} = \lambda_{DD}$ = felintensitet för farliga och detekterade fel.

$\lambda_{\text{farlig, odetekterad}} = \lambda_{DU}$ = felintensitet för farliga och odetekterade feliga och odetekterade fel.

2.4.2 Safety Integrity Level (SIL)

Safety Integrity Level (SIL) är en klassificering som används för att bedöma säkerheten och tillförlitligheten hos ett säkerhetssystem, vilket omfattar både en SIS-klassad ventil och den tillhörande SIS-lägesställaren. Faror identifieras ofta genom metoder som HAZard and OPerability-studie (HAZOP) där risker bedöms baserat på sannolikheten för att en händelse inträffar och allvaret av händelsen. När riskerna har identifierats fastställs de krav som behövs för att reducera risken. Detta mått används sedan tillsammans med säkerhetsintegritetsnivåer (SIL-nivåer) för att fastställa vilka säkerhetskrav som gäller för SIS-systemet [15][19].

Det finns fyra möjliga SIL-nivåer, vilket visas i tabell 2.17:

RRF (Risk Reduction Factor)	PFD _{avg} (Probability of Failure on Demand = 1/RRF)	SIL (Safety Integrity Level)
100000 to 10000	$\geq 10^{-5}$ to $< 10^{-4}$	4
10000 to 1000	$\geq 10^{-4}$ to $< 10^{-3}$	3
1000 to 100	$\geq 10^{-3}$ to $< 10^{-2}$	2
100 to 10	$\geq 10^{-2}$ to $< 10^{-1}$	1

Figur 2.17: Gränser för säkerhetsintegritetsnivåer [15].

Man kan i tabell 2.17 utläsa hur pålitlig en säkerhetsfunktion måste vara för varje SIL-nivå. I kolumnen för Risk Reduction Factor (RRF) visas skillnaden mellan den ursprungliga risken (före implementering av skyddsåtgärder) och den acceptabla risken (efter att skyddsåtgärder har vidtagits). För att uppnå RRF installeras en Safety instrumented function. Denna säkerhetsfunktion består oftast av fysiska komponenter. Detta kan vara sensorer som mäter olika tillstånd, till exempel tryck, nivå eller temperatur. RRF är alltså ett mått på hur mycket risken minskas genom de åtgärder som genomförs. Detta värde används för att bedöma effektiviteten hos de implementerade skyddsåtgärderna och säkerställa att risken minskas till en nivå som uppfyller de säkerhetskrav som ställs.

Man kan räkna ut RRF genom ekvationen 2.4 nedan:

$$\text{RRF} = \frac{\text{Ursprunglig risk}}{\text{Acceptabel risk}} \quad (2.4)$$

Där:

RRF = Risk Reduction Factor.

Ursprunglig risk = den risknivå som finns innan åtgärder vidtas.

Acceptabel risk = den risknivå som anses vara acceptabel efter åtgärder vidtas.

I den andra kolumnen kan man utläsa Probability of Failure on Demand (PFD). Detta är ett mått på sannolikheten att ett säkerhetssystem eller en säkerhetsfunktion misslyckas när en farosituation inträffar.

Förhållandet mellan PFD och RRF beskrivs i ekvationen 2.5 nedan:

$$\text{PFD} = \frac{1}{\text{RRF}} \quad (2.5)$$

PFD beräknas genom att titta på hur ofta farliga fel kan inträffa och hur ofta systemet testas. Man kan då uppskatta risken med att säkerhetsfunktionen inte fungerar när den verkligen behövs. Detta beräknas för varje enskilt processelement, och resultaten summeras eftersom felen antas vara oberoende. Den totala PFD:n (Probability of Failure on Demand) används därefter för att fastställa SIL-nivån. Vid högre SIL-nivåer måste PFD vara mycket lägre, vilket innebär en högre pålitlighet [15][16].

Den totala mängden PFD i ett system kan beräknas med ekvation 2.6 nedan:

$$PFD_{\text{total}} = PFD_{\text{sensor}} + PFD_{\text{logic solver}} + PFD_{\text{final element}} \quad (2.6)$$

Där:

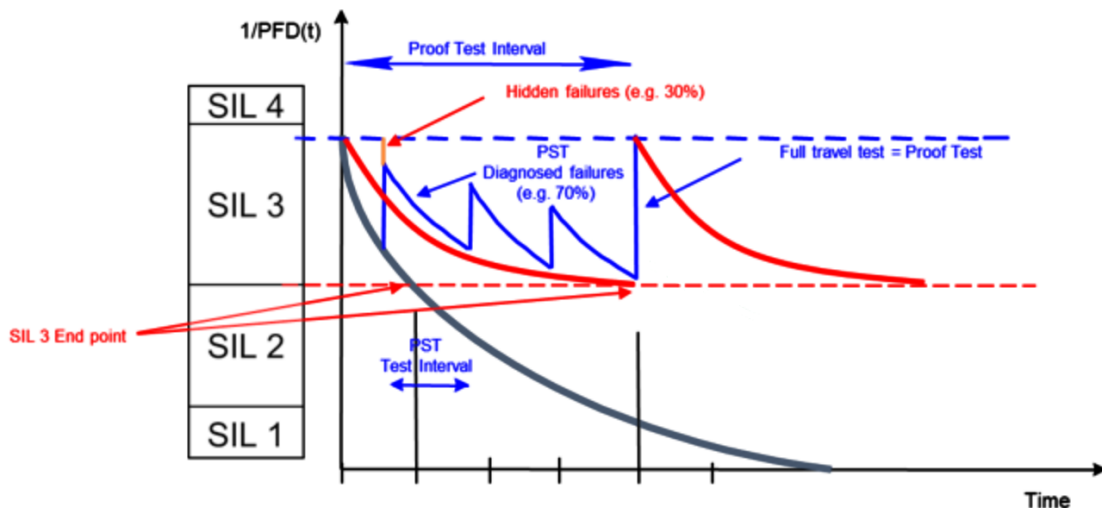
PFD_{total} = Probability of Failure on Demand.

PFD_{sensor} = sannolikheten för fel vid behov för sensorn.

$PFD_{\text{logic solver}}$ = sannolikheten för fel vid behov för logic solver.

$PFD_{\text{final element}}$ = sannolikheten för fel vid behov för final element.

Figur 2.18 visar hur säkerhetspålitligheten för en säkerhetsfunktion i en ventil försämras över tid på grund av ackumulerade fel. Den visar också hur PST bidrar till att återställa funktionen och säkerställer att den fortsatt uppfyller kraven för SIL-nivån. Y-axeln ($1/PFD(t)$ / RFF) mäter säkerhetspålitligheten där högre värde innebär lägre risk för fel. X-axeln (Tid) visar tidsutveckling av säkerhetspålitligheten [2].



Figur 2.18: Exempel på hur SIL nivån ändras över tid beroende på vilka tester som utförs [2].

I figur 2.18 visas den svarta nedåtgående kurvan, som illustrerar hur säkerhetstillförlitligheten minskar över tid när diagnostiska tester inte har genomförts. Den röda kurvan visar den projicerade säkerhetsklassningen man vill upprätthålla för att kunna säkerställa att man bibehåller sin SIL-klassning fram till nästa driftstopp där ytterligare ett proof test genomförs för att säkerställa SIL-nivån fullt ut. Genom att göra denna projicering kan man se när i tiden man måste göra sina PST-tester. Den blåa kurvan (Partial Stroke Tests, PST) visar effekten av kontinuerliga PST-tester som kan upptäcka en del av felen, vilket leder till en delvis återställning av säkerhetspålitligheten [2][15][19].

Om kontinuerliga PST-tester genomförs kan de λ -värden som anges under "With Diagnostics" i tabellen 2.19 nedan användas:

Table 3. Failure Rates According to IEC 61508 in FIT

Application	Device	λ_{SD}	$\lambda_{SU}^{(1)}$	λ_{DD}	λ_{DU}	SFF ⁽²⁾	DC ⁽³⁾
De-Energize to Trip	With Diagnostics	580	264	77	48	-	62%
	Normal	0	446	0	125	-	-

1. The No Effect failures are no longer included in the Safe Undetected failure category according to IEC 61508, ed2, 2010.
2. Safe Failure Fraction needs to be calculated on (sub)system level.
3. Diagnostic coverage (DC) is $\lambda_{DD} / (\lambda_{DD} + \lambda_{DU})$.

Figur 2.19: Jämförelse av λ för ett system med och utan regelbundna PST-tester.

2.5 Lägesställaren DVC7K

DVC7K som visas i figur 2.20 är den senaste modellen av lägesställare från Emerson och kommer att lanseras inom den närmaste tiden. Det är en avancerad digital lägesställare designad för att optimera prestandan hos pneumatiska reglerventiler. Den bygger på Emersons lägesställare DVC6200 men introducerar nya funktioner som förbättrar precision, tillförlitlighet och diagnostik [21].



Figur 2.20: Lägesställaren DVC7K [21].

DVC7K har avancerad diagnostik som ger detaljerad information om reglerventilens hälsa och prestanda. Den omfattar samtliga diagnostiktester som DVC6200 kan utföra, med den skillnaden att data bearbetas direkt i lägesställaren innan den skickas vidare till ValveLink och AMS-systemet. Tillsammans med den högre kommunikationshastigheten via Ethernet möjliggör detta en kontinuerlig genomföring av diagnostiktester vilket skiljer sig ifrån den nuvarande lägesställaren DVC6200 [2][21].

2.6 Gasfackling

Gasfackling som visas i figur 2.21 är en process inom raffinaderiet där överskottsgas förbränns eller ventileras direkt till atmosfären. Detta är ofta som en följd av tekniska, säkerhetsmässiga eller ekonomiska skäl. Gasfackling utgör en betydande källa till luftföroreningarna hos raffinaderiet. Det påverkar luftkvaliteten negativt genom utsläpp av partiklar, svaveldioxid och kvävedioxid. Gasfackling har även visat sig orsaka mer omfattande negativa hälsoeffekter, exempelvis förtidig dödlighet och ökad förekomst av astma hos barn [22][23].



Figur 2.21: Gasfackling hos Preem Lysekil 2018.

3

Metod

Detta kapitel beskriver den metod som tillämpades under projektets gång. Arbetet delades in i tre faser: inledningsfas, genomförandefas och avslutningsfas, vilket framgår nedan:

3.1 Inledningsfas

Inledande möten hölls med Preem för att avgränsa och definiera frågeställningar samt projektets tidsram. En viktig del av inledningsfasen var att få kontakt med nyckelpersoner med särskild kompetens inom ämnesområdet. Projektgruppen genomförde därför intervjuer med personal från Askalon, som är leverantör av reglerventiler till Preem, samt med personal från reglerverkstaden, vilka ansvarar för diagnostik av nedmonterade reglerventiler. Dessutom hade projektgruppen samtal med instrumentavdelningen som har praktisk erfarenhet av att arbeta med diagnostiken på Preem. Dessa möten var betydelsefulla för att lägga en stabil grund för projektet och skapa en tydlig förståelse för nuläget i raffinaderiet. Utifrån den information som samlades in under inledningsfasen skapade projektgruppen en planeringsrapport och en detaljerad tidsplan för projektet. Detta säkerställde en strukturerad arbetsgång och möjliggjorde en tydlig fördelning av arbetsuppgifter under projektets gång.

3.2 Genomförandefas

Nästa steg var att genomföra en litteraturstudie för att fördjupa förståelsen kring reglerventilens funktion, hur den är uppbyggd samt dess roll i processen. Informationen hämtades dels från interna källor som Preems intranät, samt genom dialog med teknisk personal. Även tidigare kunskap från kurser i reglerteknik användes i denna fas. Litteraturstudien omfattade även en teknisk genomgång av lägesställarna DVC6200 och DVC7K och dess diagnostiska funktioner.

För att identifiera potentialen i den outnyttjade diagnostiken jämfördes den tillgängliga funktionaliteten i DVC6200 med den diagnostik som Preem för närvarande använder. Denna jämförelse utgjorde grunden för att kartlägga vilken diagnostik som inte nyttjas och varför. Projektgruppen undersökte därefter vilka krav som ställs för att aktivera denna diagnostik, och vad de potentiellt kan bidra till Preem. Här användes dokumentation från Emerson samt information från Askalon, som gav projektgruppen vägledning i tolkning av de diagnostiska graferna.

När detta var klart riktades fokus mot att undersöka de ekonomiska effekterna av använda diagnostiken. Med stöd från Askalon och instrumentavdelningen analyserade projektgruppen kostnadsaspekter relaterade till reparationer, underhållsarbete och potentiella besparingar genom diagnostiken. Parallellt med detta analyserades även miljöaspekter med hjälp av miljöavdelningen på raffinaderiet. Projektgruppen undersökte här vilka miljövinster som kan uppnås genom att minska antalet oväntade fel på reglerventiler.

Därefter analyserade projektgruppen hur diagnostiken kan påverka anläggningens Safety intrumented system (SIS). En ingenjör med kompetens inom området bidrog med viktig vägledning och fördjupad förståelse.

Som avslutande del av utförandefasen genomfördes en intervju med ett annat företag som implementerat diagnostiken i sin process. Detta bidrog till att skapa ett helhetsperspektiv, vilket blev ett värdefullt underlag för diskussion och slutsatser i projektets avslutningsfas.

3.3 Avslutningsfas

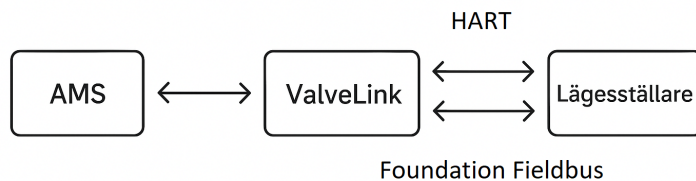
Avslutningsvis använde projektgruppen den insamlade informationen från resultatet i diskussionen. Här analyserades materialet ur olika perspektiv för att belysa vad diagnostiken kan bidra med. Diskussionen ledde även fram till projektgruppens slutsats samt det slutgiltiga råd som gavs till Preem.

4

Resultat

4.1 Beskrivning av det nuvarande ventildiagnostiksystem som Preem använder

Figur 4.1 visar hur Preems system för ventildiagnostik kommunicerar mellan olika enheter i processen samt hur de olika kommunikationsprotokollen används.



Figur 4.1: Hur AMS kommunicerar med lägesställaren.

I figur 4.1 framgår det att AMS-systemet kommunicerar med lägesställarna via ValveLink. ValveLink använder i sin tur kommunikationsprotokollen HART och Foundation Fieldbus för att nå lägesställarna. Dessa begrepp beskrivs mer ingående nedan:

4.1.1 AMS (Asset Management Software)

Preem använder sig av AMS-systemet, som är en mjukvaruplattform för övervakning och hantering av industriella systemkomponenter. AMS-systemet möjliggör kontinuerlig övervakning av utrustningens status och prestanda, vilket gör det möjligt för operatörer att upptäcka potentiella problem i ett tidigt skede och därmed vidta förebyggande åtgärder. I dagsläget är cirka 300 reglerventiler på raffinaderiet integrerade i AMS-systemet, medan omkring 500 reglerventiler ännu inte är anslutna. Av dessa har 350 ventiler kapacitet för AD-nivådiagnostik.

4.1.2 ValveLink

Preem använder sig av ValveLink som är en programvara från Emerson. Den används för att konfigurera, kalibrera och diagnostisera reglerventiler genom kommunikation med fältutrustning. Programvaran möjliggör avancerad ventilövervakning och förebyggande underhåll genom funktioner som läckageidentifiering, friktionsanalys och detektering av andra mekaniska avvikelser. ValveLink fungerar även som en integrerad länk mellan AMS-systemet och fältutrustningen. Kommunikationen sker via HART (Highway Addressable Remote Transducer) och Foundation Fieldbus-protokoll, vilket möjliggör effektiv och tillförlitlig övervakning samt optimering av anläggningens reglerventiler. Den version av programvaran som används på Preem är ValveLink SNAP-ON.

4.1.3 Lägesställare

Lägesställaren är en enhet som styr reglerventilens position och har inbyggd ventildiagnostik. Det är en kritisk komponent i systemet och möjliggör exakt justering av reglerventilen genom att ta emot styr signaler från AMS-systemet. För närvarande använder Preem lägesställaren DVC6200.

4.1.4 HART (Highway Addressable Remote Transducer)

Preem använder HART som är ett kommunikationsprotokoll som möjliggör både analog och digital kommunikation mellan reglerventiler, ställdon och lägesställare. Detta möjliggör överföring av data om reglerventilens status och diagnostik mellan system som AMS och ValveLink, utan att påverka enhetens analoga funktionalitet. I nuläget används HART 5-varianten på Preem.

4.1.5 Foundation Fieldbus

Preem använder Foundation Fieldbus som är ett digitalt kommunikationsprotokoll som möjliggör kommunikation mellan enheter på en fältbuss. Till skillnad från HART, där varje enhet kommunicerar individuellt, möjliggör Foundation Fieldbus att flera enheter delar samma kommunikationslinje. Detta minskar installationskostnaderna och förbättrar systemets effektivitet genom att öka kommunikationshastigheten.

4.2 Nuvarande användningsområde för diagnostik

I dagsläget utför Preem diagnostik på 650 reglerventiler. Av dessa kan 630 reglerventiler genomföra AD-nivå diagnostik, medan 20 ventiler kan utföra PD-nivå diagnostik. Den diagnostik som används på Preem är i dagsläget huvudsakligen anpassad för AD-nivån, då få lägesställare är utrustade med PD-nivå. AD-nivå diagnostik har tillgång till diagnostiktesterna Supply Pressure, Valve Total Scan, Step Response Test samt Status Monitor. Utöver detta utförs även Partial Stroke Test (PST) på de 26 lägesställare som har tillgång till SIS-nivå diagnostik och befinner sig på avstängningsventiler.

En mer detaljerad beskrivning av den diagnostik som Preem använder i dagsläget beskrivs nedan:

4.2.1 Supply Pressure

Preem använder denna diagnostikfunktion för att kontinuerligt övervaka trycket i reglerventilerna. Preem har valt ett inställt supplytryck, och denna diagnostikfunktion larmar om trycket avviker från det inställda värdet. Ett larm utlöses om trycket blir för lågt (lägre än 0,5–1 bar under supplytrycket) eller för högt (7 bar över supplytrycket). Det inställda supplytrycket varierar beroende på vilken reglerventiltyp det är.

4.2.2 Valve Total Scan och Step Response Test

Detta diagnostiktest utförs av Preem enbart i samband med planerade driftstopp, eftersom det kräver PD-nivå diagnostik. Vid diagnostiktestet kopplas ventilens börvärde bort, vilket inte är möjligt under normal drift. Syftet med diagnostiken är att samla in data för stegrespons, dynamiskt felband och ventilsignatur vilket är parametrar som ger tydliga indikationer på slitage och behov av ventilbyte.

Diagnostiktesterna ger dessutom värdefull information om ventilfriktion, dödband, avstängningsförmåga, samt eventuella problem i packboxen. De möjliggör också en jämförelse mellan ställdonets faktiska inställningsvärden och det förväntade värdet. Dessa resultat jämförs sedan med tidigare mätningar från tidigare driftstopp för att följa utvecklingen av slitaget över tid. Utöver detta så kan dessa tester användas som proof tester när det kommer till att bibehålla SIL-klassningen av de ventilerna som befinner sig på SIL-nivå, då de testar hela intervallet som ventilen kan anta.

4.2.3 Partial Stroke Test

Detta diagnostiktest utförs av Preem under drift på lägesställare med tillgång till SIS-nivå diagnostik som befinner sig på avstängningsventiler. Under dessa tillfällen genomförs diagnostiktester på kritiska reglerventiler samt på reglerventiler som är svåra att nå under normal drift. En av de största fördelarna är diagnostiktestets förmåga att tidigt identifiera problem som exempelvis friktion, tröghet eller luftläckage innan dessa utvecklas till allvarliga fel. Detta möjliggör ett proaktivt underhållsarbete och minskar risken för oplanerade driftstopp.

4.2.4 Status Monitor

Preem använder denna diagnostikfunktion kontinuerligt för att övervaka viktiga driftparametrar, som ingångsström, rörelser och tryck. Även positionsavvikelser följs noggrant och ett larm aktiveras automatiskt om avvikelserna överstiger fem procent från den förinställda positionen.

4.3 För- och nackdelar med outnyttjad diagnostik

I dagsläget använder Preem inte diagnostik på PD-nivå. En uppgradering till denna nivå skulle medföra flera fördelar, eftersom den avancerade diagnostiken möjliggör mer systematiskt och effektivt underhåll. Uppgraderingen ger även tillgång till ett flertal diagnostiktester, vars respektive för- och nackdelar beskrivs nedan:

4.3.1 Air Leakage

4.3.1.1 Fördelar

En fördel med Air Leakage-testet är dess förmåga att identifiera läckageproblem under drift. Detta möjliggör tidig upptäckt och förebyggande av fel utan att påverka processen. De problem som Air Leakage identifierar kan dessutom bidra till att förhindra mer allvarliga skador, exempelvis haverier relaterade till kolv- eller tätningselement vid långvarig drift. Detta minskar risken för ökat slitage och gör det möjligt att planera åtgärder i ett tidigt skede, vilket förenklar felsökningen och minskar behovet av tidskrävande manuella analyser.

4.3.1.2 Nackdelar

Air Leakage har en begränsad upplösning när det gäller att identifiera små läckage, särskilt i system där det förekommer dynamiska tryckvariationer och bakgrundsstörningar hos sensorerna. Detektionströskeln kan därmed överskridas av naturliga fluktuationer i systemtryck, vilket kan ge både falska negativa och falska positiva larm. Alternativt måste man öka gränserna för larmutslag, vilket ger minskad upplösning.

Vidare uppstår en osäkerhet relaterad till lokaliseringen av tryckavvikelseernas ursprung. Eftersom sensorerna mäter relativt tryck mellan olika punkter i systemet, är det inte alltid lätt att avgöra huruvida en avvikelse beror på ett faktiskt läckage i reglerventilen, eller om det orsakas av störningar som uppstått tidigare i processen, till exempel från matningsledningarna, tryckregulatorer eller förgreningar. Denna osäkerhet kan leda till att ett fullt funktionellt ställdon felaktigt identifieras som defekt, vilket kan generera onödiga underhållsåtgärder.

4.3.2 In-Service Friction och Friction Trending

4.3.2.1 Fördelar

Fördelarna med detta diagnostiktest är att det möjliggör tidig upptäckt av förändringar i reglerventilens beteende, vilket kan leda till försämrad funktion och ökad risk för allvarligare skador om åtgärder inte vidtas i tid. Detta kan i sin tur orsaka driftstörningar. En annan fördel är att man kan kontinuerligt övervaka friktionsnivåerna i ventilmonteringen. Diagnostiktestet identifiera öknings i friktion som kan leda till försämrad rörelseförmåga och påverka processkontrollen negativt.

4.3.2.2 Nackdelar

I processer där reglerventilen sällan ändrar position, exempelvis vid stationära eller stabila driftförhållanden, samlas det in för lite rörelsedata för att kunna dra statistiskt tillförlitliga slutsatser om friktionstrender. Detta begränsar diagnostiktestets förmåga att identifiera gradvisa förändringar över tid.

4.3.3 Supply Pressure

4.3.3.1 Fördelar

Fördelarna med diagnostiktestet är att det ger en indikation av reglerventilens rörelse och luftflödet i systemet. Detta kan användas för att diagnostisera eventuella problem med reglerventilens prestanda, såsom läckage eller instabilitet i rörelsen samt för att säkerställa att luftförsörjningen fungerar korrekt.

4.3.3.2 Nackdelar

Nackdelarna med diagnostiktestet är om systemet inte är korrekt kalibrerat kan testresultaten bli felaktiga, vilket leder till missförstånd om reglerventilens prestanda. Då den även mäter datan kontinuerligt i tid kommer testernas storlek bli stora vilket kan vara ett problem då det ytligare belastar det redan långsamma kommunikationssystemet. Detta är dock något som kommer lösas genom implementeringen av DVC7K.

4.3.4 I/P and Relay Integrity

4.3.4.1 Fördelar

En av fördelarna med detta diagnostiktest är dess förmåga att identifiera problem som uppstår till följd av variationer i tillförd instrumentluft. Genom att övervaka I/P-omvandlaren och reläet får man en tydlig indikation på instrumentluftens kvalitet och om den påverkar komponenternas funktion.

4.3.4.2 Nackdelar

Testet fokuserar på att identifiera pneumatiska och mekaniska fel, men förbiser i elektriska störningar och signalproblem. Elektriska fel som spänningsfall, EMC-störningar, dålig jordning eller korroderade signalanslutningar kan påverka I/P-omvandlarens funktion och ge avvikelser i testresultatet.

4.3.5 Travel deviation och Relay Adjustment

4.3.5.1 Fördelar

Detta diagnostiktest erbjuder flera viktiga fördelar. Det är särskilt effektivt för att identifiera om en reglerventil har fastnat i ett visst läge. Om reglerventilen förblir orörlig trots en förändring i börvärdet och samtidigt ingen förväntad förändring sker i ställdonstrycket, kan detta tyda på mekanisk bindning eller andra funktionsfel. Diagnostiktestet kan även upptäcka om aktiva spärrar (interlocks) i systemet förhindrar reglerventilen från att nå sitt avsedda läge.

Genom att kontinuerligt övervaka och registrera data från Travel Deviation-testet blir det möjligt att i ett tidigt skede identifiera potentiella problem i reglerventilen. Detta möjliggör förebyggande underhåll och minskar risken för driftstörningar och produktionsbortfall.

4.3.5.2 Nackdelar

Ställdonets prestanda, tryckrespons och mekaniska rörelser kan påverkas av omgivningstemperatur, luftfuktighet och vibrationsmiljö. Dessa externa faktorer beaktas sällan i själva diagnostiken, vilket innebär att normala miljövariationer kan misstolkas som prestandaförsämring i reglerventilen.

4.4 Implementering av PD-nivå diagnostik

PD-nivå diagnostik kan implementeras på en lägesställare på AD-nivå genom att använda ett separat inköpt USB-minne. Detta USB-minne används i en AMS-station för att uppgradera befintliga lägesställare. Antalet uppgraderingar kan anpassas efter behov, och processen beskrivs som både smidig och enkel enligt ansvarig på Askalon. Ur Preems perspektiv är detta en relativt okomplicerad process som skulle kunna genomföras under 1-2 månader.

Uppdateringsprocessen sker automatiskt i bakgrunden och påverkar inte instrumentavdelningens dagliga arbete, då systemet hanterar hela uppdateringen självständigt.

Diagnostiken på PD-nivå rapporterar endast vid upptäckta avvikelser hos reglerventilen, vilket innebär att det inte genereras överflödiga larm. Övervakningen sker genom Alert Monitor i AMS-systemet. I dagsläget har instrumentavdelningen redan tillgång till HART-larm.

Ett exempel på en larmlista i Alert Monitor visas i 4.2 nedan:

AMS Tag	Count	Time	Severity	Description	Device Group	Plant Location
askalon_demo	4	1/5/2011 1:25:49...	Abnormal	More status available	1	Area\Unit\Equip...
askalon_demo	1	1/5/2011 1:26:00...	Abnormal	Alert Record Not Empty	1	Area\Unit\Equip...
askalon_demo	5	2011-01-07 11:26:42	Abnormal	Device Not Responding	1	Area\Unit\Equip...
askalon_demo	6	1/5/2011 10:47:26...	Advisory	Configuration Changed	1	Area\Unit\Equip...
askalon_demo	1	1/5/2011 10:45:44...	Maintenance	Performance Diagnostic - Exceeded Maximum Friction	1	Area\Unit\Equip...
askalon_demo	1	1/5/2011 1:28:00...	Maintenance	Performance Diagnostic - Air Mass Flow	1	Area\Unit\Equip...

Figur 4.2: Exempel lista över HART-larm i AMS.

Implementeringen av PD-nivå diagnostik innebär att fler larm och varningar kommer att läggas till i larmlistan. Dessa larm är mer specifika och ger tydlig information om vad som behöver åtgärdas, snarare än att bara indikera att ett problem finns. Exempelvis kan ett larm flagga för hög friktion eller ett för högt luftmassflöde, vilket gör det möjligt att direkt identifiera och hantera felet.

PD-nivå tester kan schemaläggas och kommer därmed inte öka arbetsbelastningen för instrumentavdelningen. Diagnostiktesterna kan även köras manuellt med hjälp av PD One Button vilket utför alla PD-nivå tester på den utvalda lägesställaren.

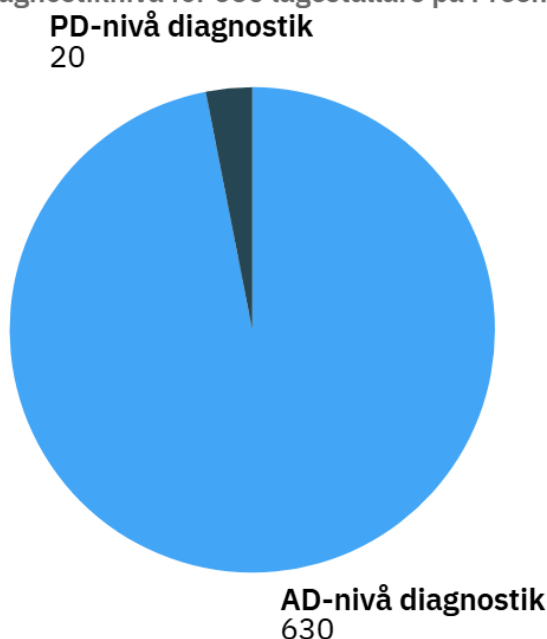
Arbetsbelastningen kommer jämnas ut över tid genom kontinuerlig implementering av diagnostiktester. Detta gör det möjligt att tidigt identifiera problem med reglerventiler och åtgärda vissa fel direkt på plats, utan att reglerventilerna behöver tas till ventilverkstaden. En uppskattning visar att en person kan analysera alla ventillarm som genereras av 40–50 reglerventiler under en veckas drift på en arbetsdag. För en anläggning med cirka 90 reglerventiler bedöms det därför realistiskt att två personer arbetar heltid en dag i veckan. Trots det ökade resursbehovet bedöms vinsterna som betydande, särskilt med tanke på framtida möjligheter till automatisering och förbättringar genom IoT och AI.

4.5 De ekonomiska vinster Preem kan uppnå genom diagnostiktester

Preem har för närvarande cirka 650 smarta lägesställare av typen DVC6200.

Figur 4.3 visar antalet lägesställare uppdelat efter PD och AD-nivå diagnostik.

Fördelning av diagnostiknivå för 650 lägesställare på Preems raffinaderi



Figur 4.3: Cirkeldiagram som visar fördelningen av diagnostiknivå på Preems raffinaderi i Lysekil.

Enligt cirkeldiagrammet framgår att majoriteten av lägesställarna på Preems raffinaderi har kapacitet för AD-nivå diagnostik. För tillfället har Preem 20 lägesställare som stödjer PD-nivå, men de diagnostiska tester som är möjliga på denna nivå genomförs ännu inte i praktiken.

Kostnaden för en komplett reglerventil med AD-nivå på lägesställaren är 120 000 kr. Priset varierar beroende på reglerventilens storlek och kan sträcka sig mellan 100 000 och 500 000 kr, med ett genomsnitt på 120 000 kr. Skillnaden mellan AD-nivå och PD-nivå diagnostik i pris ligger på ungefär 4000 kr, där PD-nivå av lägesställaren är den dyrare varianten.

För att kunna beräkna de ekonomiska vinsterna för Preem är det viktigt att ha koll på vissa konstanta värden. Dessa värden är centrala för analysen och sammanfattas i tabell 4.1 nedan:

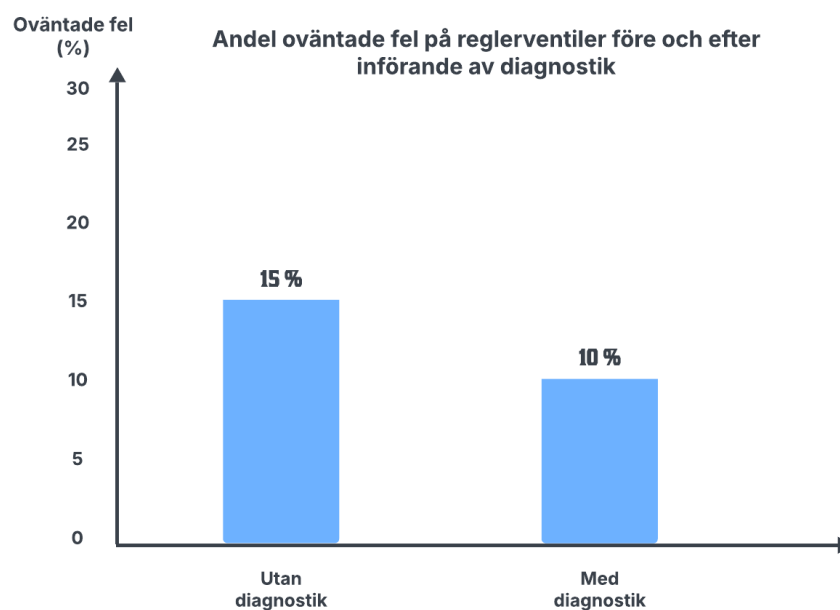
Tabell 4.1: Kostnader för diagnostik och reparation.

Parameter	Värde
Pris för DVC6200	120000 kr/st
Uppdatering från AD-nivå till PD-nivå	4000 kr
Reparationskostnad för en reglerventil	25000 kr
Driftstoppintervall på Preem	6 år
Kostnad att byta alla reglerventiler som har AD-nivå till PD-nivå diagnostik	2520000 kr

4.5.1 Besparingar genom att upptäcka tidigare okända ventilfel

På Preems raffinaderi genomförs rutinkontroller av reglerventiler för att kontrollera deras funktion och aktuella status. Vid dessa rutinkontroller kan oväntade fel på reglerventilerna upptäckas. Cirka 15% av reglerventilerna som tidigare ansågs vara fullt funktionella i processen, visar sig ha fel vid inspektionerna.

Enligt en analys från företaget Askalon skulle införandet av PD-nivådiagnostik bidra till att minska denna procentsats, eftersom fler fel som idag förblir oupptäckta kan identifieras. Detta illustreras i stapeldiagrammet i figur 4.4 nedan.



Figur 4.4: Stapeldiagram som visar andel oväntade fel.

I stapeldiagrammet kan man se att procentsatsen minskar från 15% till 10% vilket innebär att Preem kan göra ekonomiska besparingar genom att införa PD-nivå diagnostik. Denna besparing uppskattas till 5000 kr per reglerventil, vilket motsvarar kostnaden för ett akut ingrepp till följd av ett oväntat ventilfel. Kostnaden inkluderar omdirigering av personal, hyra av lyftutrustning samt expressbeställning av reservdelar. Utöver detta så visar det sig att 37% av felen som man upptäcker med AD-nivå diagnostik under fabriksstopp kunde blivit åtgärdade på plats ute i fältet.

Den ekonomiska påverkan av felaktiga reglerventiler visas i tabell 4.2 nedan:

Tabell 4.2: Felanalys baserat på andelen falska positiva resultat.

Fel %	Antal reglerventiler med fel (st)	Kostnad för reparation (kr)
15	94.5	472500
14	88.2	441000
13	81.9	409500
12	75.6	378000
11	69.3	346500
10	63.0	315000
9	56.7	283500
8	50.4	252000
7	44.1	220500
6	37.8	189000
5	31.5	157500
4	25.2	126000
3	18.9	94500
2	12.6	63000
1	6.3	31500

Tabell 4.2 visar att kostnaden för ett akut ventilfel uppskattas till 5000 kronor. Den totala reparationskostnaden varierar beroende på andelen felaktiga reglerventiler i anläggningen. Antalet fel är beräknat utifrån det totala antalet reglerventiler i Preems anläggning, vilket är 630 stycken förutsatt att samtliga haft tillgång till AD-nivå diagnostik.

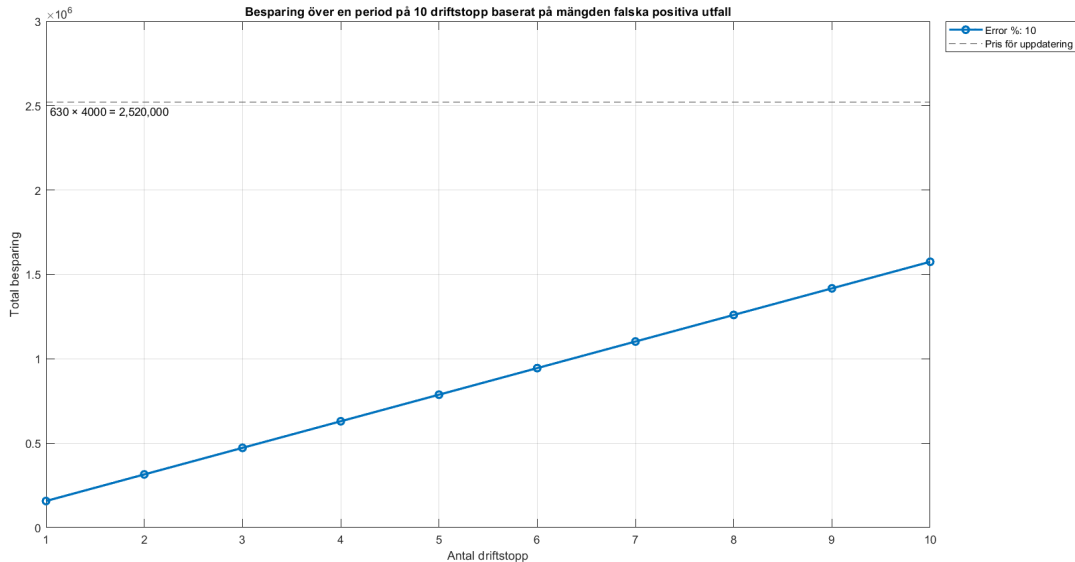
Tabellen visar också hur en minskning av felprocenten leder till betydande kostnadsbesparingar. Man kan utläsa att en sänkning från 15% till 10% leder till en minskning av reparationskostnaderna med 157 500 kr. Detta understryker värdet av att använda PD-diagnostik.

Tabell 4.3: Besparing per driftstopp i jämförelse med nuvarande extra kostnader för reparation.

Fel %	Antal reglerventiler med fel (st)	Besparing per driftstopp (kr)
15	94.5	0
14	88.2	31500
13	81.9	63000
12	75.6	94500
11	69.3	126000
10	63.0	157500
9	56.7	189000
8	50.4	220500
7	44.1	252000
6	37.8	283500
5	31.5	315000
4	25.2	346500
3	18.9	378000
2	12.6	409500
1	6.3	441000
0	0	472500

Med hjälp av tabell 4.3 kan en analys genomföras för att uppskatta återbetalningstiden för Preems investering i att uppgradera samtliga 630 AD-nivå lägesställare till PD-nivå. Detta baserat på den besparing som görs genom minskad felprocent som visas i tabell 4.2. I grafen representeras antalet driftstopp på X-axeln, där varje stopp motsvarar en tidsperiod om 6 år. Kurvan visar en linjär ökning av de totala besparingarna, som representeras på Y-axeln, i takt med att antalet driftstopp ökar.

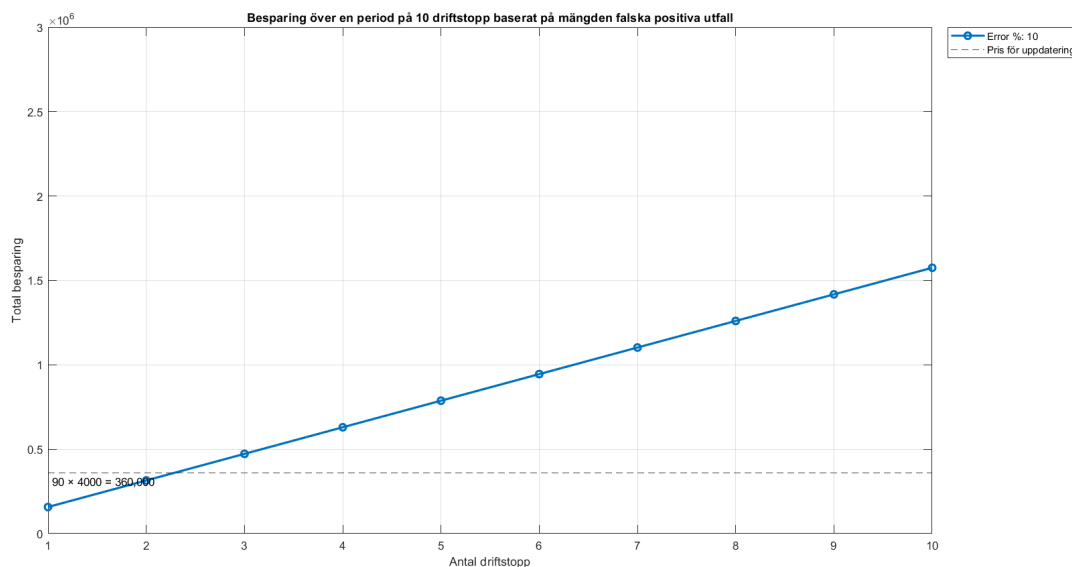
Denna analys visas i figur 4.5 nedan:



Figur 4.5: Graf över potentiell besparing i jämförelse med priset att uppdatera till PD.

I figur 4.5 kan man utläsa att fler driftstopp leder till större ekonomiska besparingar över tid. Detta beror på att PD-nivå diagnostik minskar antalet falska positiva utfall, vilket leder till färre onödiga reparationer och minskade risker för reducerad drift. Den grå streckade linjen i grafen visar kostnaden för att uppgradera till PD-nivå diagnostik, vilket innebär en investering på 2,52 miljoner kronor för 630 lägesställare som har tillgång till AD-nivå diagnostik. Grafen visar att återbetalningstiden för investeringen är över 60 år, baserat på de kostnadsbesparingar som uppnås genom PD-nivå diagnostik.

Att uppdatera samtliga AD-nivå lägesställare till PD-nivå innebär höga kostnader. Ett alternativ skulle därför vara att minska antalet reglerventiler som behöver uppgraderas genom att göra ett mer selektivt urval, baserat på de reglerventiler som bedöms som mest kritiska. Urvalet kan göras med hänsyn till reglerventiler som från tidigare driftstopp har visat sig vara mer benägna att skadas snabbare och oftare än genomsnittet. I grafen representeras antalet driftstopp på X-axeln, där varje stopp motsvarar en tidsperiod om 6 år. Kurvan visar en linjär ökning av de totala besparingarna, som representeras på Y-axeln, i takt med att antalet driftstopp ökar. Figur 4.6 visar det beräknade resultatet av att uppgradera 90 reglerventiler till PD-nivå och vilken återbetalningstid detta skulle innebära.

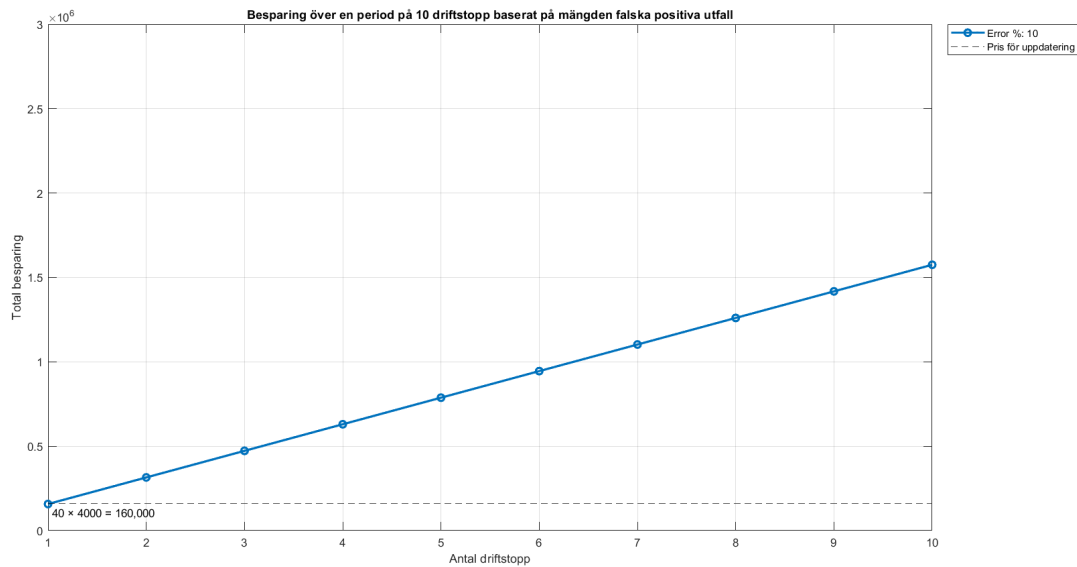


Figur 4.6: Graf över potentiell besparing i jämförelse med priset att uppdatera till PD med 90 reglerventiler.

I grafen jämförs de 90 reglerventilerna med de besparingar som genereras genom den förbättrade diagnostiken. Den grå streckade linjen i figur 4.6 representerar kostnaden för att uppgradera till PD-nivå diagnostik. Enligt grafen motsvarar återbetalningstiden två driftstopp för att återfå investeringen.

Istället för att uppgradera 90 reglerventiler, som visas i figur 4.6, kan ett mer avgränsat urval på 40 reglerventiler ge en snabbare och mer hanterbar implementering, samtidigt som en stor del av nyttan bibehålls. Genom att fokusera på de reglerventiler där tillståndsovervakning ger störst effekt på driftsäkerhet och underhållsplanering, kan återbetalningstiden kortas ytterligare och resursanvändningen optimeras. Ett mindre välgrundat urval minskar även mängden data att hantera, vilket kan vara en fördel i inledande faser där tolkning av diagnostikinformation fortfarande kräver extern support eller intern kompetensutveckling. I grafen representeras antalet driftstopp på X-axeln, där varje stopp motsvarar en tidsperiod om 6 år. Kurvan visar en linjär ökning av de totala besparingarna, som representeras på Y-axeln, i takt med att antalet driftstopp ökar.

Figur 4.7 visar det beräknade resultatet av att uppgradera 40 reglerventiler till PD-nivå och vilken återbetalningstid detta skulle innebära.



Figur 4.7: Graf över potentiell besparing i jämförelse med priset att uppdatera till PD med 40 reglerventiler.

I grafen jämförs de 40 reglerventilerna med de besparingar som genereras genom den förbättrade diagnostiken. Den grå streckade linjen i figur 4.7 representerar kostnaden för att uppgradera till PD-nivå diagnostik. Enligt grafen motsvarar återbetalningstiden drygt ett driftstopp för att återfå investeringen.

4.6 Miljömässiga fördelar vid tillämpning av diagnostik på PD-nivå

Genom en ökad diagnostik av reglerventiler på Preems raffinaderier har flera miljömässiga fördelar kunnat identifieras, vilket beskrivs nedan:

4.6.1 Färre driftstörningar

Diagnostiken möjliggör tidig upptäckt av fel, vilket i sin tur hjälper till att förebygga oväntade driftstörningar. Detta kan ha en betydande negativ inverkan på miljön, detta eftersom Preem kan tvingas till gasfackling, vilket leder till onödigt resursutnyttjande.

4.6.2 Mindre läckage i reglerventilen

Reglerventiler som inte fungerar optimalt orsakar ett kontinuerligt läckage, vilket leder till resursförluster och en direkt negativ påverkan på miljön. Läckande reglerventiler kan släppa ut miljöskadliga ämnen till omgivningen, vilket kan bidra till förorening av luft, mark och vatten. Dessutom leder onödiga energiförluster till ett ökat klimatavtryck, eftersom mer energi än nödvändigt måste produceras för att kompensera för ineffektiviteten.

4.6.3 Lägre energiförbrukning vid drift

Färre oplanerade uppstarter av en del av processen som varit stängda för reparation av en reglerventil leder till minskad energiförbrukning. Uppstarter kräver stora mängder energi för att värma upp och återställa processen. Minskad energiförbrukning minskar i sin tur utsläppen från elproduktion.

4.6.4 Förbättrad hållbarhetsstyrning vid resursinköp

Diagnostiken möjliggör bättre planering av resurser och inköp, vilket kan leda till användning av miljövänligare leverantörer och transportalternativ.

4.7 Förbättringar som implementering av DVC7K kan medföra

DVC7K är en ny lägesställare som kommer att lanseras av Emerson de nästkommande åren. Den erbjuder förbättrad effektivitet och precision, och kommer att medföra flera fördelar som Preem kan dra nytta av, vilket beskrivs nedan:

4.7.1 Ny & mer exakt reglering

Den nya lägesställaren ger flera fördelar när det gäller att optimera reglerventilens prestanda. Den är designad för att förbättra både responstiden och precisionen i ventilpositioneringen, vilket är avgörande för att uppnå effektiv kontroll av reglerventilen.

4.7.2 Har förbättrade inbyggda diagnostikverktyg

En av de största skillnaderna är att DVC7K är utrustad med en lokal användargränssnitt (LUI) med inbyggd display och knappar, vilket gör det möjligt att konfigurera, övervaka och felsöka enheten direkt på plats, utan behov av en handhållen enhet. DVC6200 saknar denna funktion och kräver externa verktyg för motsvarande åtgärder. Detta tillåts då den kan bearbeta data i ställdonet och måste inte skicka datan till ValveLink systemet för att dra slutsatser.

4.7.3 Stödjer HART 7 & Ethernet

Den tidigare lägesställaren DVC6200 stödjer HART 5 och HART 7, medan den nya DVC7K är stödjer HART 7 och Ethernet, vilket möjliggör snabbare dataöverföring, förbättrad kommunikation och utökade funktioner för fjärrdiagnostik och styrning samt kontinuerlig övervakning av flera reglerventiler. Anledningen till detta är att HART 7 kan använda sig av de tre nedersta lagren i OSI-Modellen på ett bättre sätt vilket ökar dataöverföringshastigheten. Övergången till DVC7K förenklas även då man kan använda det nuvarande HART 7 kommunikationen medans man implementerar ethernet kommunikation.

4.7.4 Stödjer Bluetooth

DVC7K är framtidssäkrad med stöd för Bluetooth, vilket möjliggör trådlös kommunikation och övervakning av ventilstatus över flera reglerventiler. Detta är en funktion som inte finns tillgänglig i DVC6200.

4.8 Påverkan av PD-nivå diagnostik på andra industrier

För denna sektion har ett företag inom produktion av specialkemikalier intervjuats som väljer att förbli anonymt.

Enligt företaget har implementeringen av PD-nivå diagnostik påverkat den dagliga verksamheten på flera sätt. I samarbete med Askalon har företaget uppgraderat delar av sina lägesställare från AD-nivå till PD-nivå diagnostik. Detta har genomförts på 40 reglerventiler, där veckovisa diagnostiktester har planerats och utförs enligt ett rullande schema, som har konfigurerats i AMS. De diagnostiktester som företaget har valt att schemalägga är samtliga tester som kan användas på PD-nivå. Enligt en instrumenttekniker på företaget tar varje diagnostiktest cirka en timme per reglerventil, främst på grund av den begränsade kommunikationshastigheten i HART och Foundation Fieldbus.

En utmaning enligt instrumentteknikerna har varit tolkningen av den data som diagnostiktesterna genererar, främst på grund av begränsad intern kunskap. För att hantera detta skickade företaget den insamlade datan till Askalon, som i sin tur levererade en månadsrapport innehållande en översikt av ventilernas hälsa och detaljerade analyser med rekommenderade åtgärder för de mest kritiska ventilerna som gav aktiva larm. På grund av detta överväger nu företaget att ta fram en intern utbildning för att stärka den egna kompetensen i tolkning av testresultaten.

Antalet larm som genereras ifrån processen har ökat, men bedöms vara hanterbart genom prioritering av de mest kritiska larmen. Företaget nämner även att om fler larm genereras än vad som omedelbart kan åtgärdas, klassificeras de automatiskt efter kritikalitet och därmed inte blir överväldigande då man kan fokusera på de mest akuta larmen. Sammantaget nämner företaget hur implementering av PD-nivå diagnostik har bidragit till bättre förberedelser inför underhållsstopp och effektivare processflöden med en jämnare arbetsbelastning för instrumentavdelningen. Det är även värt att notera att företaget har använt lägesställaren DVC2000 och inte DVC6200, dessa två lägesställare är dock mycket lika och det finns ingen signifikant skillnad på mängden eller kvaliteten av data som vardera producerar, utan vilken som används beror på hur stor diameter reglerventilen har. Figur 4.8 visar ett exempel på den larmlista som företaget har fått ut genom PD-nivå diagnostiken.

AMS Tag	Count	Time	Severity	Description	Device Group	Plant Location	Station	Manufacturer	Device Type
WCV-22160	2	3/31/2025 5:41:...	Maintenance	Performance Diagnostic - Below Minimum Friction	30		DMSERVER	Fisher Controls	DVC2000
TCV-221361	7	4/21/2025 6:22:...	Maintenance	Performance Diagnostic - I/P and Relay Integrity Performance Diagnostic	20		DMSERVER	Fisher Controls	DVC2000
TCV-221361	1	1/13/2025 6:48:...	Maintenance	Performance Diagnostic - Exceeded Maximum Friction	20		DMSERVER	Fisher Controls	DVC2000
PCV-21152	1	4/1/2025 7:23:4	Maintenance	Performance Diagnostic - Air Mass Flow Performance Diagnostic	10		DMSERVER	Fisher Controls	DVC2000
PCV-21766	3	4/23/2025 9:43:...	Maintenance	Performance Diagnostic - Exceeded Maximum Friction	30		DMSERVER	Fisher Controls	DVC2000
PCV-21761	2	4/16/2025 2:23:...	Advisory	Performance Diagnostic - Relay Adjustment Performance Diagnostic	30		DMSERVER	Fisher Controls	DVC6200
PCV-21707	3	2/10/2025 3:22:...	Maintenance	Performance Diagnostic - Air Mass Flow Performance Diagnostic	20		DMSERVER	Fisher Controls	DVC2000
PCV-21701	1	1/4/2024 3:07:2	Advisory	More Status Available	1		DMSERVER	Fisher Controls	DVC2000
PCV-21701	1	1/4/2024 3:02:1	Maintenance	Travel Accumulator High	1		DMSERVER	Fisher Controls	DVC2000
PCV-21004-1	10	4/1/2025 10:42:...	Maintenance	Performance Diagnostic - Exceeded Maximum Friction	1		DMSERVER	Fisher Controls	DVC2000
HCV-222412	9	4/8/2025 11:37:...	Failed	Performance Diagnostic - Air Mass Flow Performance Diagnostic	20		DMSERVER	Fisher Controls	DVC2000
FT-23123	85	4/29/2025 10:02:...	No Communicat...	Device did not respond	20		DMSERVER	Micro Motion	2700 IS
FT-23121	206	4/29/2025 9:45:...	No Communicat...	Device did not respond	20		DMSERVER	Micro Motion	2700 IS
FCV-25248	5	4/5/2025 3:15:5...	Maintenance	Travel Deviation Alert	20		DMSERVER	Fisher Controls	DVC2000
FCV-25243	3	4/2/2025 12:18:...	Maintenance	Travel Deviation Alert	30		DMSERVER	Fisher Controls	DVC2000
FCV-22112	1	1/6/2025 11:22:...	Maintenance	Performance Diagnostic - I/P and Relay Integrity Performance Diagnostic	30		DMSERVER	Fisher Controls	DVC2000
FCV-21880	1	2/17/2025 8:54:...	Maintenance	Performance Diagnostic - Exceeded Maximum Friction	30		DMSERVER	Fisher Controls	DVC2000
FCV-21880	1	11/6/2024 7:37:...	Maintenance	Cycle Count High	30		DMSERVER	Fisher Controls	DVC2000
FCV-21880	1	11/6/2024 7:37:...	Maintenance	Travel Accumulator High	30		DMSERVER	Fisher Controls	DVC2000
FCV-21892	1	4/8/2025 11:01:...	Maintenance	Performance Diagnostic - I/P and Relay Integrity Performance Diagnostic	30		DMSERVER	Fisher Controls	DVC2000
FCV-21892	1	4/2/2025 11:05:...	Maintenance	Travel Deviation Alert	30		DMSERVER	Fisher Controls	DVC2000
FCV-21892	1	4/21/2025 3:23:...	Maintenance	Performance Diagnostic - I/P and Relay Integrity Performance Diagnostic	30		DMSERVER	Fisher Controls	DVC2000
FCV-21892	1	4/2/2025 9:05:5...	Maintenance	Travel Deviation Alert	30		DMSERVER	Fisher Controls	DVC2000
FCV-25241	27	4/3/2025 1:12:3...	Maintenance	Travel Deviation Alert	20		DMSERVER	Fisher Controls	DVC2000
FCV-22262	1	1/14/2025 2:24:...	Advisory	Performance Diagnostic - Air Mass Flow Performance Diagnostic	20		DMSERVER	Fisher Controls	DVC2000
FCV-22252	31	4/22/2025 10:23:...	Advisory	Performance Diagnostic - Air Mass Flow Performance Diagnostic	20		DMSERVER	Fisher Controls	DVC2000
FCV-22251	9	4/19/2025 7:41:...	Maintenance	Performance Diagnostic - Exceeded Maximum Friction	20		DMSERVER	Fisher Controls	DVC2000
FCV-22249	11	2/26/2025 5:45:...	Maintenance	Performance Diagnostic - Below Minimum Friction	10		DMSERVER	Fisher Controls	DVC2000
FCV-22203	3	4/14/2025 10:23:...	Advisory	Performance Diagnostic - Air Mass Flow Performance Diagnostic	1		DMSERVER	Fisher Controls	DVC2000
FCV-22202	4	4/8/2025 11:41:...	Maintenance	Performance Diagnostic - Exceeded Maximum Friction	30		DMSERVER	Fisher Controls	DVC2000
FCV-22149	4	4/23/2025 6:41:...	Maintenance	Performance Diagnostic - Below Minimum Friction	30		DMSERVER	Fisher Controls	DVC2000
FCV-22143	36	4/23/2025 6:22:...	Maintenance	Performance Diagnostic - I/P and Relay Integrity Performance Diagnostic	30		DMSERVER	Fisher Controls	DVC2000
FCV-22133	1	1/19/2025 1:20:...	Maintenance	Performance Diagnostic - Exceeded Maximum Friction	30		DMSERVER	Fisher Controls	DVC2000
FCV-22115	13	4/23/2025 3:48:...	Maintenance	Performance Diagnostic - Exceeded Maximum Friction	30		DMSERVER	Fisher Controls	DVC2000
FCV-22115	2	1/1/2025 8:22:0	Maintenance	Performance Diagnostic - I/P and Relay Integrity Performance Diagnostic	30		DMSERVER	Fisher Controls	DVC2000
FCV-21871	1	4/6/2025 9:07:5...	Advisory	Alert Record Not Empty	30		DMSERVER	Fisher Controls	DVC2000

Figur 4.8: Exempel på larmlista ifrån företaget.

4.9 Bibehållen säkerhetsintegritetsnivå hos SIS-ventilen

Diagnostik bidrar till att upprätthålla de krav som ställs för att uppnå gränserna för SIL-nivåerna i raffinaderiets SIF-funktioner genom att regelbundet utföra Proof tester i samband med planerade driftstopp. Det är dessa tester som är avgörande för att verifiera att SIF har förmågan att föra processen till ett säkert tillstånd enligt säkerhetsmanualens krav.

Under drift genomför Preem även PST-tester, vilket förlänger intervallet mellan när man måste göra sina proof tester. Utöver detta tillåter de även att man kan använda de λ -värden som anges under "With Diagnostics" i tabell 2.19. Dessa λ -värden är av stor betydelse eftersom de beskriver tillförlitligheten av SIS-ventilen, och ger en indikation för risken att ventilen fallerar utan förvarning. Diagnostiken säkerställer också att reglerventilen inte har några aktiva fel som skulle påverka SIL-klassningen direkt och ser till att försäkringarna håller ifall något fel skulle uppstå. Det är dock viktigt att understryka att PST-tester inte påverkar eller förändrar den fastställda SIL-nivån, enbart ser till att den upprätthålls.

Vidare har det identifierats att PD-nivå diagnostik kan bidra till ett förbättrat förebyggande underhåll genom att förvarna om potentiella fel. Trots detta har PD-nivå diagnostik ingen direkt påverkan på SIL-beräkningen eller klassificeringen, eftersom de SIS-klassade lägesstälarna inte är konstruerade för att utföra PD-nivå tester. PD-nivå diagnostik är ändå värdefull eftersom den möjliggör trendanalyser av hur processmediet påverkar ventilens slitage över tid. Denna information kan användas för att bedöma behovet av tätare PST-tester för vissa ventiler, beroende på vilket medium de hanterar.

5

Diskussion

5.1 Analys av varför PD-nivå diagnostik inte har implementerats & om beslutet bör övervägas.

Det finns flera anledningar till varför diagnostik inte alltid används trots dess fördelar. Genom insikter från erfaren personal och en analys av samtliga parter har olika perspektiv på implementeringen av PD-nivå diagnostik framkommit, vilka beskrivs nedan:

5.1.1 Erfaren personal med daglig användning av diagnostiken

Instrumentavdelningen, som dagligen arbetar med diagnostiken hos Preem, anser att dess fulla potential ännu inte har utnyttjats av flera skäl. Delvis har en medveten strategi från deras sida varit att initialt fokusera på de larm som används i dagsläget för att undvika en överväldigande mängd ventildiagnostik och larm. Dessutom har inte alla lägesställare genom åren utrustats med den nödvändiga diagnostiknivån, antingen på grund av att man vill spara pengar eller brist på kunskap.

5.1.2 Fördelar med PD-nivå diagnostik för Preem-anställda

Den stora fördelen är att Preem får mer detaljerade larm, vilket leder till bättre underhållsplanering. Målet är att optimera driften genom att övervaka reglerventiler i realtid och agera i förväg. Dessutom går det att identifiera potentiellt problematiska reglerventiler, vilket gör det möjligt att prioritera de åtgärder som måste vidtas under planerade driftstopp. Tillgång till denna information i ett tidigt skede är avgörande för att möjliggöra en effektiv och strategiskt genomtänkt underhållsplanering.

En annan viktig aspekt är att underhållslarmen inte kräver ständig övervakning. Systemet hanterar diagnostiken och signalerar endast när en avvikelse upptäcks, vilket minimerar arbetet av instrumentavdelningen. Tidigare har det funnits en oro för att implementeringen skulle resultera i en överväldigande mängd larm och diagnostik. Detta är dock en missuppfattning kring hur larmen faktiskt kommer att fungera. Det kommer att vara en stor fördel att uppdatera till PD-nivå diagnostik på lägesställare och det kommer inte påverka instrumentavdelningens dagliga arbete.

5.1.3 Långsam implementering på grund av begränsade hastigheter hos HART & Foundation Fieldbus

De begränsade dataöverföringshastigheterna hos kommunikationsprotokollen HART och Foundation Fieldbus utgör en väsentlig begränsning när det gäller överföring av diagnostikdata och systemuppdateringar. Dessa tekniska restriktioner påverkar möjligheterna till effektiv drift och underhåll i processanläggningar. På grund av den långsamma dataöverföringen försvåras realtidsdiagnostik, vilket i sin tur ökar risken för att mekaniska fel inte upptäcks i tid. Detta kan leda till försämrad systemprestanda, reducerad drift och i förlängningen produktionsbortfall. Den låga överföringskapaciteten innebär även att det inte är möjligt att samtidigt skicka både diagnostikdata och uppdateringar till lägesställarna, vilket gör det svårt att uppgradera till PD-nivådiagnostik under pågående drift. En praktisk lösning är därför att planera in dessa uppgraderingar i samband med ett schemalagt driftstopp. Eftersom andra delar av processen ofta utgör flaskhalsar frigörs tid som kan användas för att genomföra uppdateringarna utan att påverka produktionen ytterligare.

Detta problem förväntas lösas naturligt genom införandet av DVC7K, som har stöd för HART 7 och ethernet kommunikation ut till fältet via sub-stationer. Därmed möjliggörs snabbare och mer tillförlitlig dataöverföring, vilket öppnar för effektivare diagnostik och enklare uppgraderingar under drift.

5.2 Ekonomiska & miljömässiga vinster med outnyttjad diagnostik

Idag finns det diagnostikmöjligheter som Preem ännu inte använder, vilket innebär potentiella förbättringar för både ekonomi och miljö. Genom att börja använda denna diagnostik skulle företaget kunna optimera sin drift, minska kostnader och samtidigt bidra till en mer hållbar verksamhet. I följande avsnitt presenteras de potentiella ekonomiska och miljömässiga fördelarna med att implementera mer diagnostik för reglerventilerna:

5.2.1 Preems potentiella ekonomiska vinster

5.2.1.1 Undviker oväntad driftstörning

Genom att använda PD-nivå diagnostik kan oplanerade driftstörningar minska. Detta leder till ekonomisk vinst då behovet av fackling minskar, vilket i sin tur leder till lägre produktionsförluster och reducerade kostnader för miljöpåföljder enligt EU:s miljölagstiftning.

5.2.1.2 Hållbar resursplanering

Genom att förbättra förutsägbarheten i ventilsystemens underhåll kan Preem sänka transportkostnader genom att beställa reservdelar i god tid. Med AD-nivå diagnostik under fabriksstopp upptäcks ofta problem som i 37% av fallen kunnat åtgärdats på plats ute i anläggningen utan att demontera ventilen. Detta inkluderar packboxfriktion, kalibreringsfel och luftläckage. Genom att identifiera dessa problem i förväg med PD-nivå diagnostik kan Preem optimera planeringen av driftstopp, reparera ventilerna på plats, och minska reparationstiden, vilket sparar både tid och kostnader.

5.2.1.3 Förebyggande av större ventilfel genom tidig upptäckt av de mindre felen

PD-nivå diagnostik ger möjligheten att upptäcka små fel som annars kan förbli oupptäckta tills de utvecklas till större problem. Fel som packboxfriktion eller kalibreringsavvikelser kan identifieras i ett tidigt skede och åtgärdas under planerade driftstopp. Detta förhindrar att små problem eskalerar till större systemfel som kräver ventilbyte och reducerar driften. Att åtgärda mindre fel under planerade driftstopp innebär en betydande besparing av både tid och resurser. PD-nivå diagnostik har även fördelen att de kan identifiera fel som finns i andra delar av systemet, som luftläckage eller problem med tryckförsörjningen. Detta är viktigt eftersom orsaken till ventilproblem kan bero på faktorer utanför själva reglerventilen. Om dessa fel inte identifieras och åtgärdas kan ett stopp för ventilbyte vara ineffektivt, eftersom det inte åtgärdar den underliggande orsaken till den dåliga processen. Genom att använda PD-nivå diagnostik kan Preem säkerställa alla potentiella felkällor.

5.2.1.4 Minimering av produktionsförluster från ventil-läckage

Reglerventiler som inte fungerar optimalt har ett kontinuerligt läckage, vilket leder till produktionsförluster och negativa miljökonsekvenser. Läckage från ventiler kan orsaka förlust av värdefulla resurser och energi. Läckage innebär ofta utsläpp av farliga ämnen, vilket kan resultera i böter enligt miljölagstiftning, exempelvis EU:s regler om utsläpp.

5.2.1.5 Optimalt fungerande reglerventiler för effektiv produktion

När reglerventiler fungerar optimalt, innebär detta att hela produktionssystemet kan upprätthålla de önskade parametrarna för tryck, temperatur och flöde. Detta är avgörande för att upprätthålla en stabil och effektiv produktion. Effektiv drift leder till bättre prestanda och förbättrad produktkvalitet. Detta skapar ekonomiska fördelar genom minskad förlust av produkt och energi och genom att säkerställa att produkterna håller den kvalitetsstandard som Preem har satt, vilket förbättrar Preems konkurrensförmåga på marknaden.

5.2.1.6 Bättre arbetskraftsutnyttjande

Genom att använda mer precisa diagnostiska verktyg kan Preem fördela arbetskraften mer effektivt. När underhåll kan planeras mer noggrant baserat på realtidsdata och tidiga varningssignaler från PD-nivå diagnostik. Detta gör att arbetskraften kan fokuseras på planerade underhållsaktiviteter snarare än diagnostisering. Detta resulterar i högre produktivitet per anställd och minskad arbetsbelastning.

5.2.1.7 Större flexibilitet vid utbyggnad och expansion

Preem genomgår en omställning för att börja producera fler gröna alternativ, men det saknas data om hur slitaget kommer att utvecklas över längre perioder eftersom man tidigare inte har undersökt hur mediet påverkar reglerventilerna. Genom användning av PD-nivå diagnostik kan man snabbt bygga upp en databas med information om hur slitaget ser, ut samt undvika oväntade fel och risker som tillkommer med ett relativt okänt media.

5.2.2 Preems potentiella miljövinster

Resultaten visar att utökad diagnostik av reglerventiler kan bidra till flera betydande miljöförbättringar. Detta behandlas vidare i avsnittet nedan:

5.2.2.1 Undviker oväntade driftstörningar

Driftstörningar och uppstarter av anläggningar leder till en tydlig ökning av utsläppen som produceras. Genom att använda diagnostik kan oplanerade driftstörningar förebyggas, vilket minskar behovet av fackling och därmed utsläppen av svavel, kvävedioxid, stoft och oförbrända kolväten. Preem beräknar mängden utsläpp med hjälp av emissionsfaktorer från Concawe, vilket är en gemensam rapport som beskriver beräkningsmetoder för utsläpp från raffinaderier. Dessa utsläpp har negativ påverkan på både klimat och lokalmiljö, och kan leda till exempelvis försurning, övergödning och hälsoproblem.

5.2.2.2 Lägre energiförbrukning

Att starta upp en del av anläggningen som har varit nedstängd för reparation av en reglerventil kräver mycket energi. Ugnar, reaktorer och andra enheter måste återföras till sina driftstemperaturer för att kunna återställa driften. Pumpar och kompressorer måste arbeta intensivt för att återupprätta processflöden och trycket i raffinaderiet, vilket också ökar energiförbrukningen. Detta ger en momentan ökning av energiförbrukningen vilket leder till att förnybara energi källor inte kan användas och därmed påverkar miljön negativt.

5.2.2.3 Hållbar resursplanering & produktion

Med diagnostiken kan man tidigt upptäcka eventuella problem med reglerventilen. En fördel med detta är att man kan planera val av resurser och inköp på ett mer strategiskt och genomtänkt sätt. När det sker en nedstängning av en del av processen, orsakad av en reglerventil som inte fungerar korrekt, så prioriteras oftast hastigheten av reparationen för att kunna gå tillbaka till full drift så snabbt som möjligt. Detta ökar risken för hastiga beslut och brådskande reparationer, vilket kan leda till mindre hållbara och långsiktiga lösningar. Genom att ha mer tid att förbereda sig kan man även välja leverantörer och resurser som är ett mer miljövänligt alternativ. Detta kan innebära att leverantören använder förnybar energi för att minska sitt koldioxidavtryck och delar samma klimatmål som Preem. Det kan också handla om att välja en leverantör som kan transportera varor via båt, vilket bidrar till lägre koldioxidutsläpp. PD-nivå diagnostik möjliggör även tidig identifiering av fel. Detta gäller inte bara i reglerventilerna utan även i andra delar av systemet såsom luftläckage eller tryckförsörjning. Att hitta och åtgärda dessa problem i ett tidigt skede innebär att systemet kan optimeras för att minska utsläpp, spara energi och därmed bidra till en mer hållbar produktion.

5.3 DVC7K:s potential för Preem

Emerson har börjat lansera den nya lägesställaren DVC7K. Redan nu är det relevant för Preem att börja överväga vilka fördelar en framtida investering i denna teknik skulle kunna innebära. Den nya lägesställaren förväntas påverka flera delar av organisationen, från instrumentavdelningen som arbetar nära med diagnostik, till ventilverkstaden med ansvar för underhåll och reparationer. På längre sikt kan lägesställaren även få en bredare inverkan på Preems verksamhet som raffinaderi. Fördelarna med DVC7K ur dessa tre perspektiv presenteras nedan:

5.3.1 Instrumentavdelningen

Instrumentavdelningen kommer att dra stor nytta av DVC7K:s förbättrade diagnostik och användarvänlighet. Den nya lägesställaren är försedd med ett lokalt användargränssnitt (LUI) med inbyggd display och knappar, vilket möjliggör smidig konfigurering, övervakning och felsökning direkt på plats under drift med reglerventilen. Det krävs alltså inga externa enheter, vilket förenklar arbetsflödet och effektiviserar felsökningen för instrumentavdelningen. Den förbättrade precisionen och responstiden i ventilpositioneringen gör det enklare att kalibrera och säkerställa optimal funktion. Dessutom möjliggör den nya magnetiska givartekniken kontaktlös positionsmätning, vilket inte bara ökar noggrannheten utan även minskar underhållsbehovet över tid. DVC7K har stöd för HART 7 och är utrustad med Bluetooth, vilket möjliggör trådlös kommunikation med enheten. Detta underlättar särskilt i situationer där reglerventilerna är svåråtkomliga i processen. Detta ökar säkerheten för personal och gör insamling av data både snabbare och mer tillgänglig.

5.3.2 Ventilverkstaden

För ventilverkstaden innebär DVC7K en mer förutsägbar och effektiv arbetsprocess. Tack vare den förbättrade inbyggda diagnostiken kan många fel identifieras redan innan reglerventilen tas ned för service. Detta innebär att verkstaden i vissa fall kan hoppa över egna tester och istället direkt åtgärda det som identifierats av lägesställaren. Utöver detta ger DVC7K rekommenderade åtgärder när det kommer till problemen den har upptäckt.

5.3.3 Preem

På ett övergripande plan kan DVC7K bidra till ökad driftsäkerhet och minskade underhållskostnader för Preem. Den förbättrade tekniken, i kombination med förlängd livslängd på grund av kontaktlös mätteknik, leder till mer stabil kontroll av reglerventiler. Samtidigt ger den värdefullt beslutsstöd för att prioritera åtgärder baserat på faktiskt slitagenivå och problem med reglerventilen. Detta gör det möjligt för Preem att planera arbetet bättre då man kan ta ner reglerventiler och köra diagnostiska tester mer effektivt. På detta sätt kan Preem minska behovet av personal och spara resurser. Dessutom möjliggör DVC7K:s avancerade diagnostik och kommunikationsfunktioner ett mer proaktivt underhåll, vilket stöder Preems mål om att effektivisera raffinaderiets drift. Detta ligger också i linje med raffinaderiets strävan att minska miljöpåverkan och främja hållbarhet.

5.4 Vad Preem kan lära sig från andra industrier om PD-nivå diagnostik

Baserat på erfarenheterna från det intervjuade företaget kan flera insikter nås för att stärka Preems arbete med implementering av PD-nivå diagnostik:

- **Avgränsat ventilurval:** Företaget valde att uppgradera 40 reglerventiler i stället för att genomföra en mer omfattande uppgradering. Ett liknande, selektivt urval kan för Preem innebära en mer hanterbar och fokuserad initial implementering, där prioritering ges till reglerventiler som historiskt har uppvisat högre felbenägenhet eller har särskilt kritisk betydelse för processens stabilitet. Som framgår av figurerna 4.5, 4.6 och 4.7, medför ett begränsat urval dessutom en kortare återbetalningstid för investeringen, vilket stärker det ekonomiska argumentet för en stegvis implementation, samt förbereder Preem på att kunna investera i DVC7K framöver genom att bygga upp mer kunnig personal och skapa arbetssätt som gynnar arbetsflödet.
- **Strukturerad testplanering i AMS:** Diagnostiktester genomfördes enligt ett rullande schema konfigurerat i AMS. Denna metodik kan bidra till kontinuitet i övervakningen utan att skapa flaskhalsar i det dagliga arbetet. Detta tillåter Preem även att ändra vilka tester som utförs på de olika ventilerna kontinuerligt för att reducera mängden larm till kostnad av upplösning på ventilhälsan, samt tillåter Preem att göra flera larm med kortare mellanrum på de ventiler de anser behöver högre upplösning på grund av högt slitage.
- **Kompetensuppbyggnad för datatolkning:** En utmaning för det intervjuade företaget var tolkningen av den data som genererades. Initialt löstes detta med extern analys, men behovet av intern utbildning identifierades. Preem bör tidigt planera för att bygga upp intern kompetens för analys av PD-diagnostikdata, för att på sikt minska beroendet av externa parter.
- **Effektiv larmhantering:** Ökningen i antalet larm hanterades genom automatiserad klassificering baserad på kritikalitet. Denna lösningen kommer hjälpa Preem att fokusera på de mest betydelsefulla larmen och undvika överbelastning av underhållsresurserna. Detta understryker även värdet av att göra ett selektivt urval av reglerventiler vid implementeringen av PD-nivå. Genom att begränsa antalet övervakade ventiler initialt reduceras larmvolymen, vilket förenklar hanteringen och ger utrymme att bygga upp både nödvändig kompetens kring larmanalys och åtgärdsrutiner.
- **Stöd för underhållsplanering:** Diagnostikresultaten kan användas för att förbättra planeringen inför underhållsstoppen. Genom att integrera PD-nivå diagnostik i det förebyggande underhållet kan Preem uppnå högre driftsäkerhet och effektivare processflöden. Dessutom kan vissa identifierade fel åtgärdas utan att demontera ventilen, vilket bidrar till att jämna ut arbetsbelastningen och minska tidskritiska insatser vid planerade stopp.

5.5 Vikten av att åtgärda larm för att bibehålla systemets SIL-nivå

Utifrån resultatet kan diagnostik spela en avgörande roll för att upprätthålla de krav som ställs för SIL-nivåerna genom regelbundna proof och PST-tester enligt de specifikationer som tillhandahålls ifrån Emerson och Exida. Det är av yttersta vikt från Preems sida att samtliga larm som genereras vid PST-tester tas på största allvar och åtgärdas omedelbart. Om dessa larm inte hanteras på rätt sätt eller om fel inte korrigeras, riskerar systemets säkerhetsfunktioner att inte längre uppfylla de krav som ställs för de angivna SIL-nivåerna. Detta kan få allvarliga konsekvenser för processens säkerhet.

En av de största riskerna är att systemet inte längre kan utnyttja de lägre λ -värdena i figur 2.19. Om Preem åtgärdar de larm som uppstår vid testerna möjliggör detta säkrare och mer tillförlitlig reglering hos SIS-avstängningsventil. Det möjliggör även förlängda intervall mellan full-ständiga proof-tester, vilket i sin tur minskar behovet av driftstopp. Om larmen däremot inte åtgärdas, riskerar man att den förbättrade tillförlitligheten som dessa värden representerar går förlorad. Detta innebär i praktiken att de beräknade λ -värdena inte längre är giltiga, vilket försämrar systemets funktionalitet och kan påverka hela SIS-systemets SIL-klassning, samt kan leda till att försäkringarna inte håller vilket betyder att ifall något går fel så tillkommer en stor kostnad då reparationen inte är täckt av försäkringen.

6

Slutsats

Utifrån den genomförda analysen ser vi flera tydliga åtgärder som Preem bör ta för att förbättra diagnostiken och öka anläggningens driftssäkerhet. Det första steget för Preem är att börja utnyttja den PD-nivådiagnostik som redan finns tillgänglig för 20 reglerventiler, men som ännu inte har implementerats.

Innan man investerar i fler uppgraderingar från AD-nivå till PD-nivå diagnostik bör ett noggrant och strategiskt urval av reglerventiler göras, eftersom det inte är resurseffektivt eller ekonomiskt försvarbart att uppgradera samtliga reglerventiler. Genom att fokusera på ett begränsat antal väl utvalda kritiska reglerventiler kan man maximera nyttan av investeringen. Urvalet bör dessutom baseras på reglerventilernas tillgänglighet, då vissa reglerventiler i dagsläget endast kan testas vid planerade driftstopp. Vidare bör reglerventiler med PD-nivå diagnostik spridas över olika delar av anläggningen för att möjliggöra insamling av data om hur olika medier påverkar reglerventilernas hälsa över tid. Analysen visar tydligt att ett noggrant urval kan leda till både mindre reducerad drift och en mer proaktiv och träffsäker underhållsplanering.

Instrumentavdelningen på Preem behöver även ta ställning till hur underhållslarm som genereras med PD-nivå diagnostik ska hanteras. Det krävs en analys av om de nuvarande rutinerna är tillräckliga, eller om ytterligare tester och justeringar behöver genomföras. Detta för att säkerställa en effektiv och korrekt hantering av diagnostiken.

Litteraturförteckning

- [1] Preem, En bättre resa [Online], Tillgänglig på: <https://www.preem.se/en-battre-resa/>, [Hämtad: 2025-01-27]
- [2] Kenneth Olsson, Privat kommunikation, Mail & möte, Februari, 2025
- [3] Thomas B. Modern Reglerteknik, 5th. ed. Stockholm, Sweden, Liber AB, 2016.
- [4] Preem, Yvonne Jerrebäck, “Grundläggande Instrumentutbildning Preem 2014“, opublicerad, 2014.
- [5] Ola Nielsen, Privat kommunikation, Möte, Januari, 2025
- [6] Emerson, “Control Schematics for FIELDVUE™ DVC6200 SIS Digital Valve Controller“, unpublished.
- [7] Niklas Grundén, Privat kommunikation, Mail & möte, Januari, 2025
- [8] Emerson, 2024, AMS Device Manager [Online], Tillgänglig på: <https://www.emerson.com/documents/automation/product-data-sheet-ams-device-manager-overview-ams-en-38376.pdf>, [Hämtad: 2025-02-05]
- [9] Emerson, (2022), Product Data Sheet ValveLink SNAP-ON Application [Online], Tillgänglig på: https://www.askalon.com/uploads/downloads/product_data_sheet_valvelink_snap_on.pdf, [Hämtad: 2025-02-05]
- [10] Emerson, (2022), ValveLink Software Quick Start Guide [Online], Tillgänglig på: <https://www.emerson.com/documents/automation/quick-start-guide-valvelink-software-en-138136.pdf>, [Hämtad: 2025-02-05]
- [11] Emerson, (2002), Introduction to HART [Online], Tillgänglig på: <https://www.emerson.com/documents/automation/training-introduction-to-hart-en-41098.pdf>, [Hämtad: 2025-02-05]
- [12] Texas Instruments, (2023), A Basic Guide to the HART Protocol, Tillgänglig på: <https://www.ti.com/lit/an/slaaeh0/slaaeh0.pdf>, [Hämtad: 2025-02-05]
- [13] Behrouz A. Forouzan. Data Communications and Networking, 5th ed. New York, United States, McGraw-Hill, 2013
- [14] Emerson, (2002), Introduction to FOUNDATION fieldbus [Online], Tillgänglig på: <https://www.emerson.com/documents/automation/training-introduction-to-foundation-fieldbus-en-41106.pdf>, [Hämtad: 2025-02-05]
- [15] Emerson, (2023), Control Valve Handbook [Online], Tillgänglig på: <https://www.emerson.com/documents/automation/control-valve-handbook-en-3661206.pdf>, [Hämtad: 2025-02-12]

- [16] Emerson, Control Valve Diagnostics [Online], Tillgänglig på: <https://www.emerson.com/en-us/automation/valves/controlvalves/control-valve-diagnostics>, [Hämtad: 2025-02-12]
- [17] Frank Beckius, Privat kommunikation, Mail & möte, Februari, 2025
- [18] Rickard Hasse, Privat kommunikation, Februari, Mail, 2025
- [19] Emerson, (2022), Safety manual for Fisher™ FIELDVUE™ DVC6200 SIS Digital Valve Controller, Position Monitor, and LCP200 Local Control Panel [Online], Tillgänglig: <https://www.emerson.com/documents/automation/im-supplement-safety-manual-for-fieldvue-dvc6200-sis-digital-valve-controller-position-monitor-lcp200-local-control-panel-en-125602.pdf>, [Hämtad: 2025-04-14]
- [20] Anders Klein, Privat kommunikation, Möte, April, 2025
- [21] Emerson, (2024), Product Bulletin Fieldvue DVC7K [Online], Tillgänglig på: <https://www.emerson.com/documents/automation/product-bulletin-fieldvue-dvc7k-digital-valve-controller-for-on-off-applications-en-en-11103622.pdf>, [Hämtad 2025-04-03]
- [22] Geohealth, (2024) Tran H, Polka E, Buonocore JJ, et al., Air Quality and Health Impacts of Onshore Oil and Gas Flaring and Venting Activities Estimated Using Refined Satellite-Based Emissions. [Online], Tillgänglig på: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10916426/>, [Hämtad 2025-02-25]
- [23] Sara Brazée, Privat kommunikation, Mail, April, 2025
- [24] Gustaver, M. (2020) A Chalmers University of Technology Master's thesis template for L^AT_EX. Unpublished.



CHALMERS