Samband mellan viskositet på färg och kassation från tryckmaskin

Ellen Hellberg

Högskoleingenjör, Industriell ekonomi

Örebro vårterminen 2023

Examinator: Jens Ekengren

The relationship between ink viscosity and rejects from the printing machine

Örebro universitet
Institutionen för naturvetenskap och teknik
701 82 Örebro

Örebro University
School of Science and Technology
SE-701 82 Örebro, Sweden

Sammanfattning

AstraZeneca är en av världens främsta tillverkare av läkemedel. Agenda 2030 ställer höga krav på läkemedelsföretagen vad gäller att höja den globala folkhälsan och samtidigt bidra till en hållbar produktion. På PET Respules i Södertälje tillverkas flytande astmamedicin i plastampuller med steril BFS-teknik. Dessa plastampuller ges tilltryck genom tampontryckteknik. Tilltrycket innehåller batchunik information som utgångsdatum, produkt och dos och är en viktig process för patientsäkerhet och spårbarhet. För att säkra denna process är tryckmaskinerna utrustade med kalibrerad visionteknik som ställer krav på tryckprocessen.

Tryckfärgen som används blandas med lösningsmedel för att sänka viskositeten och påverka färgens egenskaper. Viskositet har inte tidigare använts som parameter vid felsökning av färgblandningen vilket har resulterat i att bedömningen av huruvida färgblandningen varit lös (låg viskositet) eller tjock (hög viskositet) varit subjektiv.

Genom experimentella försök och stickprov undersöktes sambandet mellan färgens viskositet och kassation från tryckmaskin. Detta genom att testa flera olika förhållanden mellan tryckfärg och lösningsmedel samtidigt och övervaka hur viskositeten betedde sig över tid. Testerna visade att det finns ett spann på viskositet mellan 350-622,4 mPa·s där ingen kassation kopplat till tryckfärgen förekommer. Det gick även konstatera att färgblandning med för lös viskositet genererar problem med övriga komponenter och att resultaten möjliggör standardisering av arbetssätt kopplat till hantering av tryckfärg.

Nyckelord: tampontryckteknik, viskositet, tryckfärg, experimentell metod

Abstract

AstraZeneca is one of the world's leading pharmaceutical manufacturers. Agenda 2030 places high demands on pharmaceutical companies regarding improving global public health while contributing to sustainable production. At PET Respules in Södertälje, liquid asthma medication is manufactured and packed in plastic ampoules using sterile BFS technology. These plastic ampoules are printed using pad printing technology. The print contains batch-specific information such as expiration date, product, dose, and is an important process for patient safety and traceability. To ensure this process, the printing machines are equipped with calibrated vision control system that sets requirements for the printing process.

The printing ink used is mixed with a solvent to reduce viscosity and affect the properties of the color. Viscosity has not previously been used as a parameter in troubleshooting the color mixture, resulting in the assessment of whether the color mixture has been loose (low viscosity) or thick (high viscosity) being subjective.

Through experimental trials and random sampling, the correlation between color viscosity and rejection from the printing machine was examined. This was done by testing several different ratios between printing ink and solvent simultaneously and monitoring how viscosity behaved over time. The tests showed that there is a range of viscosity between 350-622,4 mPa·s where no rejection related to the printing ink occurs. It was also found that a color mixture with excessively low viscosity generates problems with other components, and the results enable the standardization of work processes related to handling the printing ink.

Key words: pad printing process, viscosity, printing ink, experimental method

Förord

Detta examensarbete är genomfört vårterminen 2023 på AstraZeneca i Södertälje. Arbetet omfattar 15 högskolepoäng och är den avslutande kursen för högskoleingenjörsprogrammen i maskinteknik vid Örebro universitet. Jag är tacksam över att ha fått spendera dessa spännande och lärorika veckor på AstraZeneca.

Jag vill börja med att tacka Mohamed Al-Siyamer som varit min handledare från uppdragsgivaren. Under examensarbetet har Mohamed hjälpt mig att styra arbetet åt rätt riktning och dagligen givit stöttning och handledning. Jag vill även rikta ett stort tack till Fonzie Dean och resterande operatörer på linje A och linje B för all hjälp under mina tester. Utöver det tackar jag samtliga medarbetare på avdelningen för processteknik på site Steriles för all hjälp under vägens gång.

Slutligen vill jag tacka Christer Korin som varit min handledare från Örebro universitet som varit en klippa och väglett mig genom hela arbetet.

Ellen Hellberg
2023-06-05, Örebro

Innehållsförteckning

1 INTRODUKTION 1
1.1 AstraZeneca 1
1.2 Problemställning 2
1.3 Disposition 2

2 BAKGRUND 3
2.1 Okänt hur kassation från tryckmaskinen hänger ihop med färgens viskositet 3
2.1.1 Syfte 6
2.1.2 Frågeställningar 6
2.1.3 Avgränsningar 6
2.2 Företagskontext 7
2.3 Generell industriell kontext 7

3 VETENSKAPLIGT RAMVERK 8
3.1 Datainsamlingsmetoder 8
3.1.1 Litteraturstudie 8
3.1.2 Intervju 8
3.1.3 Observation 8
3.1.4 Stickprov 9
3.2 Genomsökning av hela lösningsrymden 9
3.3 Statistisk försöksplanering 9
3.4 Tampontryckteknik 10
3.5 Viskositet 11
3.5.1 Tryckfärg 11
3.5.2 Dynamisk viskositetsmätning 12
3.5.3 Kinematisk viskositetsmätning 12

4 METOD 13
4.1 Metoder för genomförande 13
4.1.1 Undersökning av mätområde 14
4.1.2 Förberedelser inför tester 15
4.1.3 Utförande av tester 15
4.1.4 Test att späda färg med lösningsmedel 16
4.2 Metodologiska överväganden 16

5 RESULTAT 18
5.1 Resultat av genomfört test på linje A 18
5.1.1 Tryckcell 4 18
5.1.2 Tryckcell 6 19
5.1.3 Tryckcell 8 19
5.1.4 Tryckcell 10 20
5.2 Resultat av genomfört test på linje B 20
5.2.1 Tryckcell 4 21
5.2.2 Tryckcell 6 21
5.2.3 Tryckcell 8 22
5.2.4 Tryckcell 10 22

5.3 Test att späda färg på linje B 23
6 DISKUSSION 25
6.1 Värdering av resultat 25
6.2 Förslag på fortsatt arbete 27
7 SLUTSATSER 29
8 REFERENSER 30

SUMMERING AV VIKTIGA BEGREPP

Viskositet – Halvfasta och flytande ämnens flytförmåga
Vätning – Hur väl färg fäster vid en yta beroende av ytans energi
Tampontryckteknik – Tryckteknik för tryckning av ojämna ytor
Ampull – Läkemedelsbehållare i plast för engångsanvändning
Ampullkarta – Fem sammansatta ampuller
Visionteknik – Visuellt kontrollsystem där kamerabild jämförs med referensbild
Buffert – Maskin som lagrar ampullkartor vid maskinstopp
Batchbyte – Intern benämning av ställ

BILAGOR

A: Mätdata från test på linje A
B: Loggbok under testkörning på linje A
C: Mätdata från test på linje B
D: Loggbok under testkörning på linje B

FÖRKORTNINGAR

Lif – Läkemedelsindustriföreningen, sida 1.
BFS – Blow Fill Seal, vilket är en tillverkningsteknik, sida 2.
PET – Process Executive Team/processutförande team, sida 2.
FDA – United States Food and Drug Administration, sida 11.
rpm – revolutions per minute/varv per minut, sida 12.
GMP – Good manufacturing practic/god tillverkningssed, sida 14.
TGF – Tillfällig GMP-påverkande förändring, sida 14.

1 Introduktion

Kapitel 1 introducerar läsaren till arbetet genom att presentera företaget och problemställningen samt beskriva rapportens disposition.

AstraZeneca är ett av medlemsföretagen i Lif, läkemedelsindustriföreningen, som är en branschorganisation för de läkemedelsföretag som bedriver forskning i Sverige. Lifs mål är att Sverige ska erbjuda vård av högsta kvalitet genom att bland annat stärka Life Science-sektorn i Sverige. Agenda 2030 påverkar samtliga FN:s medlemsländer och pekar tillsammans med sina 17 globala hållbarhetsmål ut den riktning som behöver följas för hållbar utveckling som gynnar samhället i stort. Målen innehåller miljömässiga, sociala och ekonomiska förbättringar och mål 3, god hälsa, har läkemedelsföretagen stor inverkan på. I arbetet mot en god global folkhälsa är det dock lätt att äventyra andra hållbarhetsmål som exempelvis mål 12 om hållbar konsumtion och produktion. Det är en svår balansgång mellan att tillverka högkvalitativa läkemedel och att samtidigt nyttja så lite resurser som möjligt [1].

Flera av dessa mål berör läkemedelsföretag vilket är anledningen till att Lif tagit fram ett hållbarhetsmanifest och en hållbarhetsstrategi som innehåller åtaganden som gäller för Lifs samtliga medlemsföretag. Hållbarhetsmanifestet innehåller nio åtaganden från Agenda 2030 där ett av dessa är att minska miljöpåverkan genom att vara del av omställningen till en cirkulär ekonomi. För medlemsföretagen innebär detta att sänka resursförbrukningen för hela produkternas livscykel samt att öka återvinning och återanvändning av resurser [1].

Lif har valt ut fem begrepp de värderar högt vad gäller branschens arbete mot hållbar utveckling. Två av dessa är av extra intresse där det första, vetenskapligt baserade arbetssätt, handlar om att arbete ska baseras på vetenskap och att robust data ska användas för att kunna utvärdera verksamheten. Det andra begreppet, cirkuläritet, syftar till jordens begränsade resurser som ska användas i minsta möjliga mängd och med maximalt återbruk där möjligt. Lif lägger vikt vid utveckling av processer och metoder för att säkra resurseffektivitet [1].

1.1 AstraZeneca

År 1999 gick svenska Astra ihop med brittiska Zeneca och bildade vad som idag är en av världens största läkemedelstillverkare, AstraZeneca. Globalt har företaget 83 000 medarbetare med verksamhet i över 100 länder. 2021 hade företaget globalt en omsättning på 37,4 miljarder dollar vilket motsvarar 387,5 miljarder svenska kronor. Forskning bedrivs i Sverige, USA och England och tillverkningsenheter finns i 16 länder var av den största i Södertälje [2].

AstraZeneca i Sverige består av två produktionsanläggningar i Södertälje och ett forskningscentrum i Göteborg. Totalt arbetar cirka 7800 medarbetare varav 3000 av dessa med forskning [3]. I Södertälje tillverkas en rad olika läkemedel i diverse utformningar, allt från tabletter och biomediciner till sterila läkemedel. På site Steriles tillverkas frystorkade sterila mediciner, sterila flytande astmamediciner och lokalanestetika på kontrakt.

1.2 Problemställning

På avdelningen PET Respules på site Steriles i Södertälje tillverkas flytande astmamedicin i plastampuller med BFS-teknik, vilket står för Blow Fill Seal och PET för Process Executive Team. Tekniken är en steril process där plast extruderas i rörform för att sedan blåsformas, fyllas och förseglas. Avdelningens produktionslinjer har integrerade flöden vilket innebär att samtliga maskiner är sammankopplade. De färdiga plastampullerna, se figur 1, ges sedan tilltryck genom tampontryckteknik innan de folieras och packas i kapsel.

Tampontryckteknik används vid tryck på ojämna ytor. Tekniken använder tryckkuddar i silikon som plockar upp tilltrycket från en graverad platta som försetts med färg för att sedan trycka önskad yta. Tekniken beskrivs mer detaljerat i kapitel *3 Vetenskapligt ramverk.* Tilltrycket på ampullerna kontrolleras med vision som kasserar de ampullkartor som har underkänt tilltryck på en eller flera ampuller. Visiontekniken fungerar genom att en kamera fotar tilltrycket och jämför det med inlagda referensbilder. Utöver att samtliga tecken måste stämma mot referensbilden behöver även tilltrycket uppfylla en tillräcklig mängd skärpa. En snävt kalibrerad vision ställer höga krav på trycktekniken för att undvika hög kassation. Tilltryck sker med både blå och svart tryckfärg och målet för varje batch är att den totala kassationen ska vara under 2%. En övervägande del av batcherna har en högre kassation än 2% där majoriteten kommer från tryckmaskinen (Intervju M Al-Siyamer, processingenjör, 2023-04-17).

Figur 1. Ampullkarta utan tilltryck.

Plastampullerna sitter ihop fem och fem och benämns ampullkartor. Den övre rektangulära delen benämns som flaggan och den nedre sexkantiga delen för kroppen, det smala partiet mellan delarna kallas för halsen.

1.3 Disposition

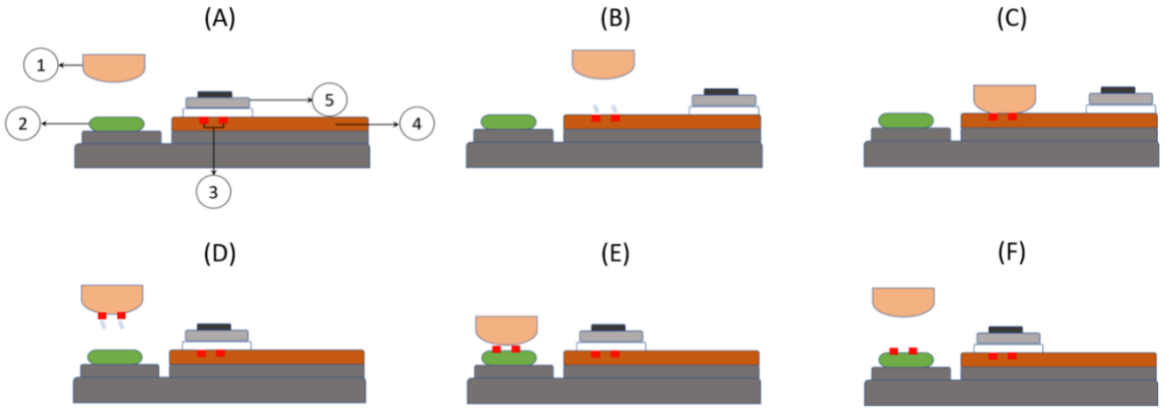
Rapporten inleds med att presentera bakgrunden till arbetet samt redogöra problemet följt av att delge rapportens syfte och frågeställningar. Vidare presenteras arbetets teoretiska ramverk. I kapitel 4 beskrivs använd metod och metodologiska överväganden. I kapitel 5 presenteras resultatet för att i kapitel 6 diskutera resultatet i förhållande till använd metod Slutligen i kapitel 7 presenteras de slutsatser som går att dra och frågeställningarna besvaras.

I kapitel 2 presenteras bakgrunden till problemet samt vilka frågeställningar arbetet har för avsikt att besvara.

2 Bakgrund

Kapitel 2 redogör bakgrunden till arbetet genom att presentera problemet följt av syfte, frågeställningar och dess avgränsningar.

Tryckmaskinerna i fabriken är av olika fabrikat och varierar mellan att ha två och fyra tryckceller. Figur 2 illustrerar tryckprocessen vid en tryckcell där 1 är tryckkuddarna som heter tamponer, 2 är ampullkartan, 3 är tilltrycket som är ingraverat på en platta som kallas kliché och visas som nummer 4, 5 är en färgkopp som är vänd uppochned och har en rundkniv längs hela kanten. Processen fungerar så att färgkoppen glider över gravyren av tilltrycket och rundkniven ser till att endast en nödvändig mängd färg lämnas kvar, tamponerna hämtar upp tilltrycket och trycker sedan ampullerna, se figur 2. Tilltrycket innehåller i detta fall batchunik information som produktnamn, batchnummer, utgångsdatum och dos (Intervju M Al-Siyamer, processingenjör, 2023-04-17).



Figur 2. Bild över tampontryckprocessen i olika faser. 1) Tamponer, 2) Ampullkarta, 3) Gravyr/Tilltryck, 4) Klichéplatta, 5) Färgkopp med rundkniv [4].

Dagens färgblandning är reglerad i en företagsstandard och består av tryckfärg och förtunning i form av lösningsmedel. Beroende på hur många tryckceller berörd tryckmaskin har blandas två, tre eller fyra flaskor med cirka 900 ml färgblandning. För den blåa färgen är receptet detsamma för samtliga produktionslinjer då de alla har likadana tryckmaskiner, för den svarta färgen finns det flera olika recept då nästan varje produktionslinje har en unik tryckmaskin. I specifikationen för både blå och svart tryckfärg finns det ett tillåtet spann på viskositet från leverantör som dagens recept inte tar hänsyn till. Detta betyder att flaskorna med färdig färgblandning kan skilja sig åt i viskositet, trots att samma förhållande mellan färg och förtunning använts vid blandning. Detta innebär att tryckstationerna inte har samma förutsättningar att leverera ett bra tilltryck över tid (Intervju M Al-Siyamer, processingenjör, 2023-04-17).

2.1 Okänt hur kassation från tryckmaskinen hänger ihop med färgens viskositet

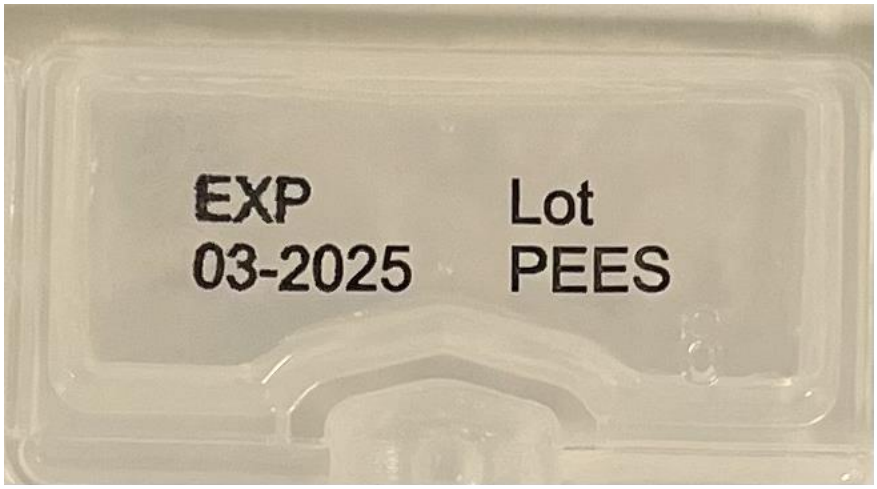
Tryckprocessen är en kritisk process då den ger kunden information om produktens namn, utgångsdatum, batchnummer och dos vilket är viktigt vad gäller spårbarhet och patientsäkerhet.

Det får inte finnas någon risk att patienter får fel läkemedel eller läkemedel med fel dos vilket är anledningen till att visionkamerorna är snävt kalibrerade (Intervju M Al-Siyamer, processingenjör, 2023-04-17).

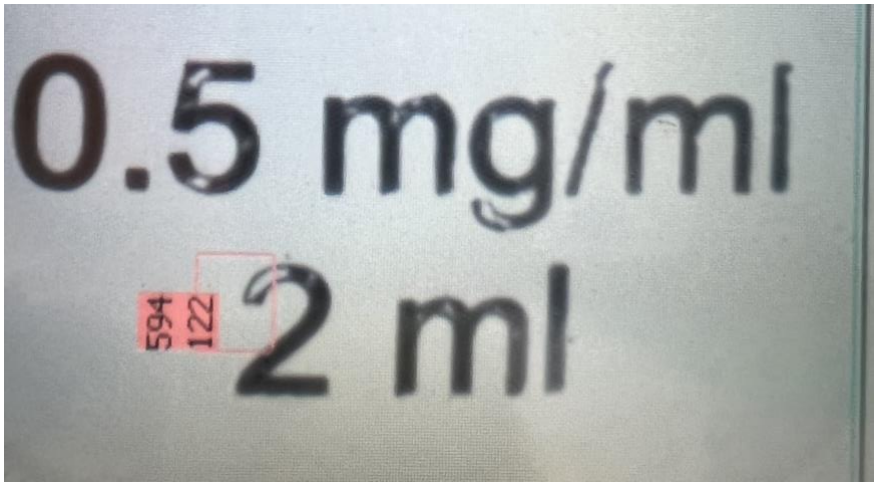
Kassation från tryckmaskinen har en negativ inverkan på hållbarhet ur ett miljömässigt, socialt och ekonomiskt perspektiv. Ur ett miljömässigt perspektiv är det ett problem då den kasserade produkten inte går att omarbeta då det avvisade tilltrycket inte går att ta bort och trycka om på ett lämpligt sätt. Detta innebär att råvaror slösas på ett oaktsamt sätt då både läkemedelslösning och plast blir avfall trots att produkten i sig är godkänd. Ekonomiskt sett är onödig kassation negativt eftersom det genererar kostnader för företaget samtidigt som intäkter går förlorade. Rent socialt påverkar detta maskinoperatörernas arbetsmiljö negativt då de behöver lägga tid på felsökning vilket för tryckmaskinen kan vara svårt då det är många faktorer som påverkar tilltrycket (Intervju M Al-Siyamer, processingenjör, 2023-04-17).

Var 40e tillverkad färdigvarupall utförs ett intervallsbyte på tryckmaskinen där tamponer, klichéer och färg byts ut. De största batcherna består av 120 färdigvarupallar vilket innebär att det sker två intervallsbyten under batchen. En pall tar mellan 30–40 minuter att tillverka och stor batch pågår därmed mellan 2,5-3,5 dygn. Arbetssättet med intervallsbyte saknar vetenskaplig grund då de inte genomförts några studier på ifall dessa komponenter behöver bytas ut med den frekvensen eller om egentligen behöver bytas ut med högre eller lägre frekvens (Personlig kontakt, R Abdul-Jalil, prodjektledare, 2023-05-17).

Företagsstandarden som är framtagen för tryckmaskinen och tryckprocessen har en felsökningsstandard som ska användas vid problem med hög kassation. Där finns exempelvis bilder på feltyper och troliga orsaker till dessa samt rekommendationer på lämplig åtgärd och ordningsföljd för dessa. Fel kopplat till tryckfärgen handlar ofta om att färgen innehåller för mycket eller för lite lösningsmedel. Färg med för mycket lösningsmedel benämns som lös och färg med för lite lösningsmedel benämns som tjock. Lös tryckfärg flyter ut och vissa bokstäver och tecken kan bli suddiga eller flyta ihop, se figur 3. Tjock tryckfärg visar sig vanligtvis genom att delar av tilltrycket saknas, det vill säga tryckbortfall, se figur 4. Tjock färg har även en koppling till kassation från position 1 i visionsystemet. Det är den positionen som exponeras för luften längst innan tamponerna plockar upp tilltrycket (Intervju M Al-Siyamer, processingenjör, 2023-04-17).

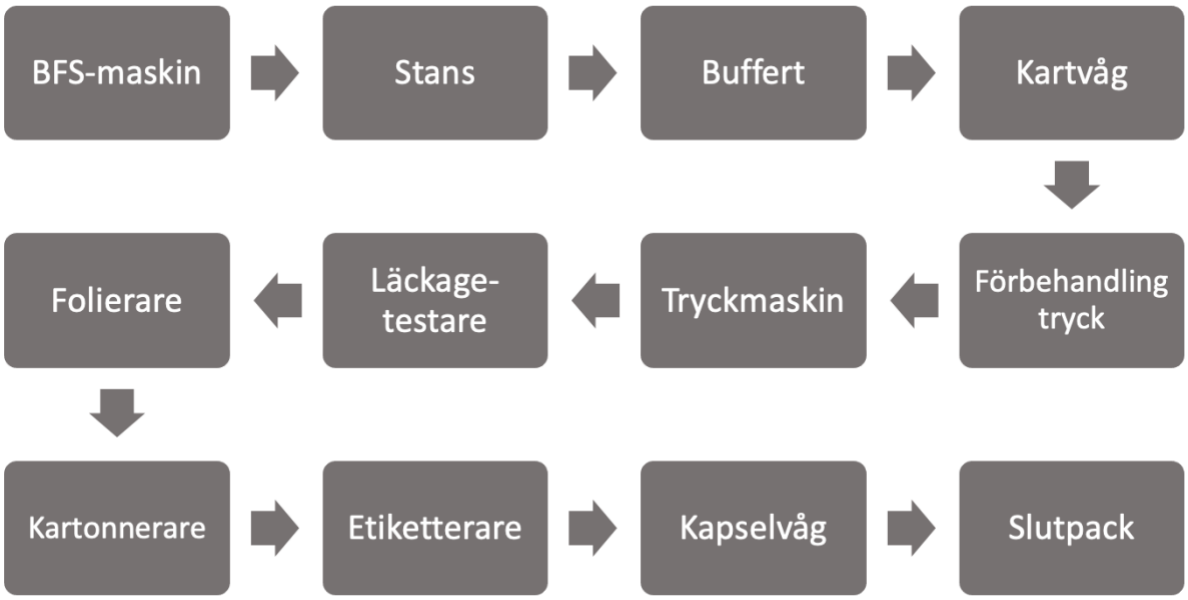


Figur 3. Exempel på lös tryckfärg från kasserad karta där tilltrycket på ”EXP” tydligt flyter ut.



Figur 4. Exempel på tjock tryckfärg från kasserad karta där flera tecken tydligt saknar färg.

Ingrepp i tryckmaskinen påverkar hela produktionen på grund av det integrerade flödet. Detta innebär att när en maskin stannar planerat eller oplanerat stannar samtliga maskiner uppströms, se figur 5. På grund av detta är de flesta linjerna utrustade med en buffert vilket är en maskin som samlar ampullkartor vid maskinstopp. Bufferten gör att både planerade och oplanerade stopp kan ske utan att påverka produktionen. Maskinoperatörerna stänger av fyllningen av ampullkartor när bufferten är full. Det är tidskrävande att starta upp BFS-maskinen eftersom den är placerad i ett sterilt rum med högre renhetsklass än resterande maskiner. För att undgå avstängning av BFS-maskinen undviks därför ibland tidskrävande maskiningrepp som inte upplevs nödvändiga, exempelvis åtgärder vid kassation från tryckmaskinen. Konsekvensen av detta blir att batcherna ofta får en högre total kassation än målet på under 2% (Intervju M Al-Siyamer, processingenjör, 2023-04-17).



Figur 5. Flödesbeskrivning för de integrerade produktionslinjerna som både fyller och packar.

Åtgärder vid hög kassation från tryckmaskinen kopplat till tryckfärgen är svårare för maskinoperatörerna att hantera än andra problem eftersom de inte på något sätt kan kontrollera eller mäta ifall färgen är tjock eller lös. Detta har resulterat i ett arbetssätt som är svårt att standardisera där det blir en tolkningsfråga om färgen är tjock eller lös. På grund av detta är åtgärder kopplat till färgens tjocklek sällan vetenskapligt förankrade eftersom åtgärderna skiljer sig åt beroende på vilket skiftlag eller vilken maskinoperatör som arbetar för tillfället. Sammantaget saknas det kunskap sambandet mellan tryckfärgens viskositet och dess förmåga att skapa tilltryck som godkänns av vision (Intervju M Al-Siyamer, processingenjör, 2023-04-17).

2.1.1 Syfte

Syftet med arbetet är att få en stabil tryckprocess genom att ge kunskap om hur tryckfärgens viskositet påverkar kassation. Detta skulle förenkla felsökningen för maskinoperatörerna vilket skulle innebära minskad kassation från tryckmaskinen vilket på så vis skulle generera ett bättre flöde.

2.1.2 Frågeställningar

- Vid vilken viskositet på tryckfärg uppstår kassation från tryckmaskinen?
- Vilka samband går att se mellan färgens viskositet och kassation från visionkamera?

2.1.3 Avgränsningar

Arbetet har sitt fokus i att se över standardiserade färgrecept och hur färgblandningens viskositet förändras över tid men tar inte ställning till faktorer som lokalens luftfuktighet och temperatur även om dessa kommer loggas under test. Lokalernas luftfuktighet och temperatur

bevakas centralt och regleras i och med lokalernas renhetsklassning. Tester sker utan hänsyn till maskininställningar och variationer mellan tryckcellerna vad gäller exempelvis kopptryck och blåsluft. Arbetet tar inte heller hänsyn till färgburkarnas varierande viskositet från leverantör.

2.2 Företagskontext

Under åren har flera insatser utförts för att få bukt med problem med hög kassation från tryckmaskinerna. Vad gäller visiontekniken har toleransgränserna för tilltrycket vidgats då det konstaterats att hög kvalitet uppfylls inom ett större område än vad som tidigare tillåtits. Underhållsmässigt har både företagsstandard och punkter för kontroll och underhåll uppdaterats samt att frekvensen ökats där behov identifierats. Befintlig företagsstandard utökades med en felsökningsstandard för att underlätta maskinoperatörernas arbete samtidigt som utbildning skett i flera omgångar (Intervju M Al-Siyamer, processingenjör, 2023-04-21).

Den interna underhållsorganisationen gjorde tillsammans med processteknik år 2018 ett försökt till att förbättra befintlig färgblandning med viskositetsmätning. Däremot fastställdes inget värde för hög respektive låg viskositet utan endas ett förhållande mellan färg och förtunning som fungerade bra från start vilket är det som står i standard idag. Dessvärre har tryckmotiven ökat i andelen tecken vilket gjort att fler tecken än tidigare ska godkännas av vision vilket gör tryckmomentet mer komplext än innan (Intervju M Al-Siyamer, processingenjör, 2023-04-21).

Sommaren 2022 köptes en ny viskositetsmätare in på grund av rådande tryckproblem. Det gick att konstatera att problemen inte härstammade från utrustningen och det bestämdes därför att ett arbete avseende tryckfärgens viskositet skulle utföras (Intervju M Al-Siyamer, processingenjör, 2023-04-21).

2.3 Generell industriell kontext

Tryckfärger med låg viskositet och hög andel lösningsmedel används vid vissa flexografitryckproccer. Fördelen med den typen av färg är snabb torkningshastighet på grund av lösningsmedlet som avdunstar snabbt. Tryckfärg för flexografitryck skiljer sig åt vad gäller mängden lösningsmedel vilket är det som främst påverkar torkningshastigheten [5].

Det har blivit allt vanligare att använda vatten som förtunning i stället för lösningsmedel. Detta har positiv påverkan på miljö likväl som människa, för tryck på absorberande material såsom papper och kartong har lösningsmedel redan helt kunnat ersättas med vatten. För tryckning med vattenbaserad färg av icke-absorberande material såsom olika plaster har det gjorts positiva framsteg på senare tid. Detta har kunnat reducera ned mängden lösningsmedel i färgen till under 5%. Det går också att öka torkningshastigheten genom en kombination av kalluft och infraröda torkar [5].

Nästa kapitel presenterar den teoretiska grund som arbetet baserats på.

3 Vetenskapligt ramverk

I kapitel 3 presenteras arbetets teoretiska grund.

Det vetenskapliga ramverket utgör arbetets grund och består av metoder för insamling av data och beskrivning av teknik. I kapitlets fem avsnitt presenteras teori för datainsamling, försöksplanering, tryckteknik och viskositet som kan vara relevant för arbetet.

3.1 Datainsamlingsmetoder

Datainsamling är ett kritiskt steg för kvalitetsförbättringar, därför är det viktigt att de metoder som väljs för datainsamling är relevanta för arbetet som ska utföras. Till sekundärdata hör den information som hämtas in från tidigare forskning och studier genom litteraturstudie. Till primärdata hör den data som samlas in specifikt för undersökningen genom exempelvis intervjuer, observationer och stickprov genom experiment [6].

3.1.1 Litteraturstudie

Litteratursökning kan ses som en av de viktigaste delarna i en forskningsprocess och handlar om att öka arbetets vetenskapliga nivå genom att studera vad som redan vetenskapligt konstaterats på området. Tidigare forskning kan dels visa på lämpliga metoder, men även belysa brister hos tidigare utfört arbete [7]. Litteratur i forskningssammanhang syftar till tryckt material som uppsatser, böcker, rapporter och artiklar, men även digital litteratur som exempelvis går att hitta genom bibliotekens databaser [8].

3.1.2 Intervju

Intervjuer är tidskrävande både vad gäller utförande och bearbetning av information efter. Därför är det viktigt att med omsorg i förväg välja ut intervjuobjekt med ett tydligt syfte. För att intervjupersonen ska känna sig trygg och våga tala så öppet som möjligt är det att rekommendera att varken anteckna eller spela in under intervjuns gång. I stället bör anteckning ske omedelbart efter genomförd intervju och sammanställningen bör skickas till den intervjuade för att försäkra att informationen stämmer [8]. Det finns tre olika intervjumetoder: strukturerad, semistrukturerad och ostrukturerad. En strukturerad intervju har förutbestämda frågor, går oftast snabbare och ger grund information. En semistrukturerad intervju har färre öppnare frågor där den intervjuade styr innehållet mer, i detta fall är följdfrågor relevanta. I en ostrukturerad intervju sker samtalet helt fritt vilket gör att det är svårt att förutbestämma utfallet [6].

3.1.3 Observation

Till observationer syftar de iakttagelser som forskaren gör av naturligt förekommande situationer. Nackdelen med observationer är att situationen ofta påverkas av att en observatör närvarar vilket gör att det naturliga frångås. Detta påverkas även av ifall observatören bestämmer sig för att vara passiv eller deltagande. Den passive observatören ser på utifrån medan den deltagande observatören försöker bli en del av gruppens arbete [6].

3.1.4 Stickprov

Vid vetenskaplig forskning är det viktigt att vara medveten som att resultatet av insamlad data inte nödvändigtvis räcker för att dra generella slutsatser. För att kunna uttala sig generellt krävs ett lämpligt antal stickprov under samma förhållanden med ett förutbestämt förfarande. Endast under dessa förutsättningar går det att dra slutsatser av stickprov som kan ses om allmängiltiga [8].

3.2 Genomsökning av hela lösningsrymden

En känd optimeringsmetod när problemets omfattning inte är för stort är att söka igenom hela lösningsrymden. Metoden går ut på att testa sig igenom samtliga kombinationer av X1 och X2, i detta fall tryckfärg och lösningsmedel, för att succesivt smalna av sökområdet genom att endast behålla be bästa punkterna [9].

3.3 Statistisk försöksplanering

För att undersöka hur väl en produkt eller metod fungerar verifieras den ofta både teoretiskt och praktiskt. Teoretiskt genomförs vanligen datorbaserade tester tillsammans med simulering och de praktiska testerna genomförs i form av experiment. Dessa tester kan göras i laboratorium eller i den faktiska miljön. Resultaten av fysiska experiment påverkas av faktorer som kan delas in i tre kategorier: kontrollerbara, observerbara och okända. Till de kontrollerbara hör i detta fall saker som tryckmaskinens konstruktion, hastighet, motor och tryck. Till de observerbara faktorerna hör temperatur och luftfuktighet vilka även dessa är viktiga parametrar för tryckteknik. Slutligen räknas till okända faktorer exempelvis slumpmässig variation eller icke-mätbara variationer [9].

För att undvika att testerna blir tidskrävande eller behöver stora ekonomiska resurser måste experimenten planeras. Syftet med försöksplanering är att maximera nyttan genom att minimera insatsen genom få försök som ger goda resultat. Detta uppnås genom statistisk försöksplanering, kallat flerfaktorförsök [9].

Nackdelen med experimentell metod uttrycker Robert Hooke i boken Vetenskapliga försök som *”Ett huvudproblem inom den experimentella forskningen är att dra slutsatser med hjälp av utförda försök, som avser en mängd av ”identiska” eller ”likartade” försök.”* [10, s.13]. Han förtydligar senare att det han menar är att det finns en problematik i att dra slutsatser trots att det förekommer försöksfel. Vidare diskuterar han hur forskare gärna ger försöksfel en vag definition som möjliggör att förklara varför teori och praktik inte överensstämmer. Hooke anser att försöksfel inte ska mörkas, utan konkret diskuteras för att kunna avgöra dess innebörd för försöken. Vidare menar han att forskare gärna försöker förminska mättekniska fel genom att utföra många upprepade försök, vilket i hans mening inte är möjligt. Det finns en vana vid experimentella försök att utelämna extrema observationer eller att inte rapportera observationer även om de utelämnas vid analys. En annan vana är att inte upprepa försök för att säkerställa ifall händelser skett av slump eller är systematiska. Sammantaget rekommenderar Hooke den

experimentelle forskaren att planera sina försök, försöka uppskatta försöksfelen omfattning och redogöra dess orsak om möjligt för att kunna dra slutsatser som tar rättvis hänsyn till mättekniska fel [10].

3.4 Tampontryckteknik

Tampontryckteknik utvecklades på 1960-talet och är idag en vanlig tryckteknik tillsammans med screentryck, flexitryck och offsettryck. Tilltryck graveras in på en platta av aluminium, som kallas kliché, som fylls med tryckfärg genom att en uppochnervänd kopp med färg glider över ytan, överflödig färg skrapas av med kniv så att endast den mängd färg som är nödvändig är applicerad i gravyren. Tilltrycket fångas upp av tamponer som sedan pressas mot föremålet [11], i detta fall ampullkartor.

Fördelen med tekniken är att den tillåter tryck på ojämna ytor vilket de konvexa ampullerna räknas till. Dessutom använder sig tekniken av tamponer i silikon som är färgavstötande vilket ger utmärkt färgöverförande egenskaper. Färgens tjocklek beror på flera faktorer som påverkar tilltryckets kvalitet. Dels parametrar som vilken kulör det är, fabrikat, viskositet och tamponernas material. Faktorer i tillverkningsmiljön som temperatur och luftfuktighet påverkar också färgens tjocklek. Både knivarna och klichéer kan vara av olika material där stål och keramik är vanligast [11]. Figur 6 visar hur en klichéplatta kan se ut och figur 7 visar de tamponer som används vid tilltryck av läkemedel och livsmedel.

Figur 6. En kliché med ingraverat tilltryck för tampontryckteknik.

Klichéplattan är ingraverad med information för spårbarhet såsom batchnummer och utgångsdatum samt information om produkten såsom vilket läkemedel det är, dos och mängd.

Figur 7. Ett par tamponer avsedda för tilltryck av läkemedel med tampontryckteknik.

Dessa tamponer är godkända av FDA, United States Food and Drug Administration, vilket är den amerikanska myndigheten som reglerar tillverkningen av livs- och läkemedel samt kosmetika. Vid tilltryck av läkemedel med tampontryckteknik används dessa tamponer nästan uteslutande [11].

3.5 Viskositet

Reologi redogör för hur flytande ämnen och halvfasta material beter sig och är ett mått på dess flytförmåga, fasthet och konsistens. Viskositet är ett begrepp inom reologin och mäter ett ämnes flytförmåga. Det beskrivs som ett materials förmåga att motstå att flödas, det vill säga ett materials tröghet. Viskositet delas upp i dynamisk och kinematisk där den dynamiska beror av temperatur och den kinematiska av densitet [12].

3.5.1 Tryckfärg

Färg som är avsedd för tryckning benämns som tryckfärg består till majoritet av färgämnen och bindemedel. Generellt innehåller färg fyra komponenter vilka är färgämnen, bindemedel, tillsatser och lösningsmedel. Färgämnet som ger kulör till färgen kan antingen vara färgämnen eller pigment där färgämnen är lösliga och pigment olösliga. För tryckprocesser är det vanligast att använda pigment som färgämne. Olösligheten gör att pigmentet inte kan blandas med lösningsmedlet vilket har fördelar gentemot lösliga färgämnen som kan försämras vid långvarig exponering för solljus eller vatten [13].

Bindemedel består av naturliga material och polymerer och påverkar färgens hållbarhet, torkning och dess egenskaper att fästa vid ytan. Tillsatser används även dessa för att förbättra egenskaper hos bläcket. Dess aktiva ämnen sänker ytspänningen vilket motverkar problem med vätning [13].

Slutligen används lösningsmedel som förtunning och löser upp bindemedlet för att minska färgens viskositet, vilket är nödvändigt för vissa tryckprocesser. Förtunningen påverkar hur jämnt färgen appliceras, hur den sprider sig och i vilken hastighet den torkar. I vissa

trycktekniker utsätts färgen för ångtryck och avdunstning vilket kan göra att extra lösningsmedel behöver tillsättas, men det är inte nödvändigt i alla fall [13].

3.5.2 Dynamisk viskositetsmätning

Ett exempel på utrustning för dynamisk viskositetsmätning är den högkänsliga roterande viskosittesmätaren ROTAVISC hi-vi II från IKA. Mätaren levereras med sex spindlar lämpade för olika tröga vätskor, se figur 8. Justerbara parametrar är bland annat val av spindel och rotationshastighet upp till 200 rpm, revolutions per minute (varv per minut). Påkopplad är även en termometer avsedd för att mäta vätskans temperatur och mätaren står på tre justerbara ben som behöver balanseras före start av test är möjlig [14]. SI-enheten för dynamisk viskositet är pascal-sekund vilket innebär att tid, kraft och yta är de storheter som påverkar.

Figur 8. ROTAVISC hi-vi II sex tillhörande spindlar i ordningen SP-7 till SP-12.

3.5.3 Kinematisk viskositetsmätning

Kinematisk viskositet talar om hur fort det tar för en vätska att flyta ut i förhållande till dess massa. Detta går att mäta med flera metoder där en av dessa heter Ford cup. Där mäts flödeshastigheten hos en vätska genom att hälla den i en kopp med hål. Tiden det tar för vätskan att rinna ur koppen talar om vätskans spridningsförmåga [15]. Till skillnad från dynamisk viskositets beror den kinematiska av vätskans densitet och anges i SI-enheten mm^2/s.

I nästa kapitel presenteras den metod som använts vid utförandet av arbetet.

4 Metod

I detta kapitel presenteras först det utförda arbetet i kronologisk ordning och den metod som använts för att komma fram till ett resultat. Avslutningsvis redovisas metodologiska överväganden.

Som metod för arbetet valdes en experimentell metod för att undersöka okända faktorer i form av slumpmässig variation, se *3.3.* Detta skulle göras genom stickprov för att utvärdera om generella slutsatser skulle kunna dras, se *3.1.4*. Det valdes att den dynamiska viskositeten skulle mätas eftersom detta passade det specifika fallet bäst då den metoden tillåter mätning direkt i färgkoppen. Mätningarna gjordes med en roterande mätare från det tyska företaget IKA med huvudkontor i USA vid namn ROTAVISC hi-vi II, se *3.5.2.* Vald metod påverkar arbetets utfall i högsta grad och de bristerna som uppkommit till följd av detta belyses i avsnittet för metodologiska överväganden.

Tiden för tester var begränsad då testmetod, försöksplanering samt godkännande för test utanför företagsstandard behövde tas fram de första veckorna. Därför begränsades arbetet till två huvudsakliga testkörningar. Det ansågs vara enklast att påbörja test i samband med batchuppstart för att inte behöva byta förbrukningsmaterial mitt i en batch. Dessutom var det önskvärt att börja tester vid ett nolläge där samtliga komponenter så som tamponer och klichéer var helt nya för att kunna utesluta fel hos dessa vid start. Detta gjorde att testerna var begränsade till då batchbyten inträffade. Det var svårt att koordinera tester och batchstart eftersom produktion sker dygnet runt och ställtiden skiftar beroende på personalstyrka och kompetens.

4.1 Metoder för genomförande

Inledningsvis behövde det beslutas under vilka förutsättningar som test skulle genomföras och på vilket sätt. Efter samtal med handledare från företaget och chef för processteknik uppkom huvudsakligen tre förslag på metod för utförande. Dessa var att genomföra tester:
På en stillastående produktionslinje,
Under planerade underhållsstopp, eller
Under skarp produktion
Tillsammans med handledare från uppdragsgivaren vägdes för- och nackdelar med de olika alternativen. Det beslutades att test på stillastående produktionslinje skulle innebära för många skillnader från skarp produktion vad gäller exempelvis temperatur på produkten samt matningshastighet av produkt. Dessutom skulle det bli svårt att genomföra tillräckligt långa test med den metoden. Tester under planerade underhållsstopp bedömdes vara en bra metod för att kunna välja färgblandningar att testa under längre körningar i skarp produktion. Dessvärre brast kommunikationen vad gäller vilka klichéer som skulle beställas för att kunna genomföra tester under underhållsstopp och därför uteblev dessa tester. Kvar som alternativ var att testa direkt under skarp produktion vilket ansågs fördelaktigt då syftet var att färgen skulle fungera under verklig körning.

För att test under skarp produktion skulle vara möjligt togs det tillsammans med representant från kvalitetssäkring och processteknik fram en TGF. TGF står för tillfällig GMP-påverkande förändring, där GMP står för good manufacturing practice/god tillverkningssed och är ett globalt regelverk som styr tillverkningen av läkemedel och livsmedel. En TGF behöver skrivas när företagsstandard ska frångås under en begränsad period, vilket var fallet då kombinationer av tryckfärg och lösningsmedel skulle provas som inte hade stöd i tryckmaskinens standard. Eftersom samtliga produktionslinjer är utrustade med vision som avlägsnar produkt med bristfälligt tilltryck godkändes TGFen av avdelningen för kvalitetssäkring.

Arbetsgivaren beslutade att tester på svart tryckfärg skulle prioriteras och därmed begränsades testen till de produktionslinjer som trycker svart färg. Linjerna A och B är de enda som har likadana tryckmaskiner och använder samma färgblandning. Därför beslutades det att testerna skulle genomföras på dessa linjer för att få resultat som är relevanta för en så stor del av verksamheten som möjligt. Produktionen godkände testerna under förutsättningen att stopptiden skulle vara försumbar för att försöken inte skulle medföra kostnader i form av förlorad produktionstid. Detta innebar att löpande tester av viskositet endast fick genomföras när det fanns plats i buffert, se *2.1,* eller i samband med stopp av annan utrustning. Syftet med testerna var att observera hur länge produktion kunde ske utan att det uppstod kassation från tryckmaskinen som var relaterat till tryckfärgen. Därför skulle kassation åtgärdas med avseende på andra faktorer än tryckfärgen till dess att endast färgen återstod som faktor.

4.1.1 Undersökning av mätområde

För att mätningarna av viskositeten skulle vara korrekta krävdes det att ett vridmoment på mellan 10-100% uppstod vid mätning. Då viskositetsmätaren hade sex olika spindlar samt att hastigheten var justerbar på mellan 0-200 varv per minut behövde spindel och hastighet fastställas [16]. Detta gjordes genom att testa olika kombinationer av spindlar och hastigheter på standardiserad färgblandning och utifrån detta granska hur momentet betedde sig. Detta resulterade i att den största spindeln, SP-7 skulle användas tillsammans med högsta rotationen på 200rpm. Figur 9 visar hur viskositetsmätaren ser ut.

Figur 9. ROTAVISC hi-vi II med spindel SP-7 [17].

4.1.2 Förberedelser inför tester

Vid godkännande från linjechef inleddes förberedelser av testen. Tryckmaskinerna på linje A och linje B är utrustad med fyra tryckceller och därför skulle fyra olika färgblandningar testas för att få ut så mycket data som möjligt under testerna. Eftersom lösningsmedel avdunstar med tiden bestämdes det att färgblandningsförhållandet enligt standard, 700 gram färg och 200 gram lösningsmedel, skulle vara den tjockaste blandningen. Det beslutades även att mängden färg skulle vara densamma för varje test och att mängden lösningsmedel var den parameter som skulle varieras. Färgblandningarna blandades enligt företagsstandard med våg och skakmaskin i varsin flaska och märktes upp med vilken tryckcell de skulle placeras i samt mängdförhållandet mellan färg och förtunning.

4.1.3 Utförande av tester

Före teststart meddelades berört skiftlag att tester skulle ske samt vad det skulle innebära för förändringar under arbetsdagen. Vid varje skiftbyte informerades även påstigande skift om att tester pågick. Därefter skakades färgen om i skakmaskin då den blandades flera timmar innan den skulle användas. Då färgblandning tillhör det yttre stället blandas färgen alltid flera timmar före batchuppstart. Eftersom det tätslutande locket sitter på från blandning till användning bedöms avdunstningen av lösningsmedel försumbar för tiden mellan blandning och användning. Maskinoperatör hjälpte till att hälla upp rätt mängd färgblandning i färgkoppen vilket är cirka 670 ml. Viskositeten mättes direkt i färgkoppen och dokumenterades för varje tryckcell. Tryckmaskinen riggades klart av certifierad maskinoperatör. Luftfuktighet och temperatur mättes i tryckmaskinen under test på linje A och öppet i lokalen under test på linje B, uppmätta värden dokumenterades. Orsaken till ändringen av mätplats berodde på att det var svårt att få stabila värden i tryckmaskinen på grund av maskinens inbyggda ventilation. BFS-maskinen och tillverkningen startades och tryckmaskinen observerades konstant.

När kassation från tryckmaskinen uppstod gjordes felsökning tillsammans med maskinoperatör med stöd av befintlig felsökningsstandard. Åtgärder genomfördes och dokumenterades. Viskositeten mättes löpande under de två testerna när det passade med produktionen. Detta var antingen när bufferten var tom eller i samband med åtgärd eller stopp på annan maskin. Under de löpande testerna dokumenterades värdena från viskositetsmätning samt att mätningar av luftfuktighet och temperatur gjordes.

Inför det andra testet justerades vilka blandningsförhållanden som skulle testas utifrån resultatet från det första testet, i övrigt genomfördes testen på samma sätt. När den första tryckcellen påvisat kassation kopplat till tjock färg i form av tryckbortfall uppmättes viskositeten och testet avslutades. Vid båda testerna justerades sedan viskositeten ned med hjälp av lösningsmedel för att produktionen skulle kunna fortsätta utan kassation. Vid det första testet mättes inte viskositeten på de resterande tryckcellerna vid avbrutet test då produktion inte tillät detta. Vid avslutning av det andra testet var mätning av viskositet möjlig på alla tryckceller.

4.1.4 Test att späda färg med lösningsmedel

Efter det andra testet inleddes ett extra test med syfte att se om produktion kunde fortsätta lika många timmar till om viskositeten justerades tillbaka till ursprungsvärde när tryckbortfall kopplat till hög viskositet uppdagats. Vid fyra olika tillfällen testades det fram en lämplig mängd på lösningsmedel att tillsätta för att sänka viskositeten när den bedömts vara så hög att tryckbortfall uppstått. Detta gjordes genom att mäta viskositeten när färgen misstänktes vara tjock, för att sedan tillsätta en given mängd lösningsmedel och mäta viskositeten på nytt.

Vid dessa test fick maskinoperatörerna i order att inte tillsätta mer färgblandning under testets gång utan fick endast byta tamponer och klichéer. De skulle även skicka en statusuppdatering på hur tryckmaskinen presterat efter varje genomfört skift. Endast om tryckproblem som starkt gick att koppla till färgen uppstått fick de byta färg, tid för detta skulle då dokumenteras. Vid det sista testet mättes varken viskositeten före eller efter spädning, i stället tillsattes den framtestade mängden lösningsmedel när viskositeten bedömdes vara hög utifrån att tryckbortfall uppstått.

4.2 Metodologiska överväganden

En potentiell felkälla är mättekniken av viskositet och utförandet av mätningarna. ROTAVISC hi-vi II är anpassad för labbmiljö vilket gör att användning i industrimiljö inte är helt optimalt. Anledningen till att denna mätmetod användes trots allt beror på att det var den mätaren som företaget köpt in och som fanns tillgänglig. Generellt är mätning av viskositet en komplex process eftersom den kräver att samma förutsättningar råder vid varje mätning för att värdena ska vara jämförbara med varandra. Spindel och rotationshastighet hölls konstanta men utöver detta påverkas även viskositeten av storleken på kärl, vätskans höjd, spindelns placering i vätskan samt temperatur. Temperaturen på färgen efter en tids körning var högre än vid viskositetens första mätning. Detta eftersom färgblandningens temperatur ökade med rörelse i maskin, temperaturhöjningen skulle kunna ha påverkat viskositetsmätningen något. Utöver detta minskar även mängden färg i färgkoppen ju fler ampullkartor som trycks vilket gör att färgnivån inte är konstant. Detta gjorde att det var svårt att placera spindeln i samma höjd varje gång vilken kan ha påverkat resultatet av vissa mätningar. Detta kompenserades för genom att mätningarna endast utfördes av författaren. Dessutom försökte spindeln alltid placeras i samma höjd genom att utgå från bottenläget och justera uppåt ett varv med vredet.

För de mätningar där färgnivån var så låg att spindeln inte täcktes ordentligt med färg fylldes koppen på med tillräckligt lite ny färgblandning så att mätning var möjligt. Detta är inte optimalt eftersom viskositeten förändras genom att blandas med färgblandning av annan viskositet. På grund av att mätningarna behövde genomförs i samma behållare för att vara jämförbara med varandra ansågs det vara den enda lösningen. Ungefär 10% av färgen som studerades bestod av tillsatt färg, se *tabell* 1 och *tabell* 6 för exempel på viskositet hos standardiserad färgblandning. Detta gick inte att kompensera för men samtliga mätningar visade på högre viskositet än förgående mätning, vilket ska vara fallet så lösningsmedel dunstar med tiden vilket höjer viskositeten. På grund av detta ansåg åtgärden vara godtagbar.

Ett annat övervägande gällande metoden handlar om de beslut som togs när kassation uppstod. Målsättningen var att undvika att göra justeringar av tryckfärgen så länge som möjligt och att i stället göra andra justeringar. För att felsökningen skulle bli så korrekt som möjligt skedde den tillsammans med erfarna maskinoperatörer och med stöd av befintlig felsökningsstandard. Det var viktigt att utgå från befintlig kunskap om hur "dålig" färg beter sig, det vill säga att tjock färg resulterar i tryckbortfall och att vid för lös färg flyter tilltrycket ut och i vissa fall ihop.

Då testerna var tidskrävande var det inte möjligt att utföra så många tester som egentligen önskat för att kunna dra slutsatser som grundas på en stor mängd robust data. Dessutom tog det tid att få klart TGF och att praktiskt planera försöken vad gäller hur och var de skulle utföras. Det var även svårt att koordinera testerna med batchbyte på grund av produktion dygnet runt. Då utfallen av testerna gav liknande resultat återkommande ansågs det rimligt att dra vissa slutsatser ändå. Då det var känt i förväg att tiden för att göra många tester inte skulle finnas valdes tester att göras på de linjer med svart färg som står för störst andel output och har samma blandningsrecept idag och samma tillverkare av tryckmaskin. Detta gjordes för att få resultat som gäller för så stor del av verksamheten som möjligt.

I kapitel 5 presenteras resultatet från genomförda tester.

5 Resultat

I detta kapitel presenteras det resultat som arbetet lett fram till.

Syftet med arbetet var att undersöka ifall det fanns ett samband mellan viskositeten på tryckfärgen och dess förmåga att leverera tilltryck som godkänns av visionkamera. Sammantaget blev det två fullständiga försök där viskositet undersöktes löpande från produktionsstart tills dess att kassation kopplat till dålig tryckfärg uppstått. Utöver detta gjordes mindre tester kopplat till spädning med lösningsmedel av färg där kassation uppstått till följd av hög viskositet. Samtliga mätningar av viskositet gjordes med en ROTAVISC hi-vi II från IKA med spindeln SP-7 med en rotationshastighet på 200rpm, mätningarna gjordes direkt i färgkopparna. De produktionslinjer som testkörningarna utfördes på har båda tryckmaskiner med fyra tryckceller vardera. Dessa tryckceller benämns som tryckcell 4, 6, 8 och 10 i respektive underavsnitt. Alla tester utfördes under normala förhållanden, med normala menas en normal mängd slumpmässiga och planerade maskinstopp utan stopp av BFS-maskinen. För det test där BFS-maskinen stängts av framgår det i tabell.

Inledningsvis presenteras resultatet från det första fullständiga testet följt av resultatet av det andra fullständiga testet. Avslutningsvis presenteras resultatet av de tester som gjordes med att späda färgen med lösningsmedel.

5.1 Resultat av genomfört test på linje A

För det första testet som genomfördes på produktionslinje A valdes det ut fyra olika förhållanden mellan färg och lösningsmedel för att testa med avseende på viskositet, se tabell 1. Färgblandningen för tryckcell 4 är den som idag är standardiserad för produktion vid linje A och linje B. Resterande tre blandningar är lösare än standardiserad blandning med ett intervall på 25 gram.

Tabell 1. Förhållande mellan färg och förtunning per tryckcell för test på linje A samt uppmätt viskositet.

Tryckcell	Färg (g)	Lösningsmedel (g)	Förhållande (%)	Viskositet (mPa·s)
4	700	200	22,2	390
6	700	225	24,3	366
8	700	250	26,3	322
10	700	275	28,2	270

Viskositeten som presenteras i tabellen är det som uppmättes före start av produktion. I följande fyra underavsnitt presenteras de mätningar som gjordes av viskositeten för varje tryckcell. I övrigt byttes tamponer vid varje skiftbyte samt vid behov enligt normalt förfarande. I bilaga A finns grafer över de mätningar som gjordes på temperatur och luftfuktighet i tryckmaskinen under testets gång samt en graf över de löpande viskositetsmätningarna.

5.1.1 Tryckcell 4

Tryckcell 4 fylldes med den färgblandning som är standardiserad idag vilket var den färgblandning med högst viskositet från start. Tabell 2 visar de mätningar som gjordes med avseende på viskositeten samt relevanta kommentarer.

Tabell 2. Mätningar av viskositet på tryckfärg från tryckcell 4 under test på linje A.

Tid	Temperatur färg (°C)	Vridmoment (%)	Viskositet (mPa·s)	Färgrelaterad utsortering	Kommentar/åtgärd
03:03	21,6	23,5	390	-	Produktionsstart.
04:49	26,7	25,0	400	NEJ	-
12:42	28,9	34,0	544	NEJ	-
17:08	31,1	41,8	668,8	JA	Tilltryck visar märkbart tjock färg. Tryckbortfall med plötslig hög kassation från position 1.

Tryckcell 4 hade ingen nämnvärd utsortering under hela testet som pågick mellan 03:03-17:08 vilket motsvarar 14 timmar och 5 minuter. Varken tamponer eller kliché behövde bytas under testet och tilltrycket var stabilt fram till dess att visionkameran började kassera frekvent för tryckbortfall. Kassationen ökade hastigt och efter att den första kartan kasserats på grund av tryckbortfall dröjde det cirka 10 minuter innan tryckcellen bedömdes oduglig och viskositetsmätning genomfördes klockan 17:08.

5.1.2 Tryckcell 6

Tryckcell 6 hade från start 25 gram mer lösningsmedel i färgblandningen jämfört med standard. Tabell 3 presenterar de mätningar som gjordes med avseende på viskositet löpande under testet.

Tabell 3. Mätningar av viskositet på tryckfärg från tryckcell 6 under test på linje A.

Tid	Temperatur färg (°C)	Vridmoment (%)	Viskositet (mPa·s)	Färgrelaterad utsortering	Kommentar/åtgärd
03:03	21,5	22,8	366	-	Produktionsstart.
07:10	28,7	23,3	372,8	NEJ	-
12:39	27,9	29,9	478,4	NEJ	-
17:49	-	-	-	NEJ	Buffert full, mätning uteblir, ingen kassation.

Tryckcell 6 hade ingen utsortering under testkörningens gång och byte av tamponer och kliché behövde ej genomföras. Då bufferten var full gjordes ingen avslutande mätning av viskositeten. Klockan 18:30 började visionkameran kassera från cellen till följd av tryckbortfall. Detta var nästan 1,5 timmar efter tryckcell 4, som hade högre viskositet på färgblandningen från start, fått samma problem.

5.1.3 Tryckcell 8

Tryckcell 8 hade från start 50 gram mer lösningsmedel i färgblandningen jämfört med standard. Tabell 4 visar de mätningar som gjordes löpande med avseende på viskositet samt relevanta kommentarer från testets gång.

Tabell 4. Mätningar av viskositet på tryckfärg från tryckcell 8 under test på linje A.

Tid	Temperatur färg (°C)	Vridmoment (%)	Viskositet (mPa·s)	Färgrelaterad utsortering	Kommentar/åtgärd
03:03	21,3	20,6	322	-	Produktionsstart.
04:15	-	-	-	JA	Byter till ny kliché då tilltrycket flyter ut likt lös färg på vissa tecken medan perfekt på andra. Kliché upplevs ojämn i gravyren.
07:07	26,8	20,9	334,4	NEJ	-
12:23	28,2	25,6	409,6	NEJ	-
17:49	-	-	-	NEJ	Buffert full, mätning uteblir, ingen kassation.

Tryckcell 8 hade problem redan från start med hög kassation och behövde därför byta kliché, se bilaga B.

5.1.4 Tryckcell 10

Tryckcell 10 hade från start 75 gram mer lösningsmedel i färgblandningen jämfört med standard och var den färgblandning med högst andel lösningsmedel i och lägst viskositet som testades. Tabell 5 presenterar de mätningar som gjordes löpande med avseende på viskositet samt relevanta kommentarer kopplat till testkörningen.

Tabell 5. Mätningar av viskositet på tryckfärg från tryckcell 10 under test på linje A.

Tid	Temperatur färg (°C)	Vridmoment (%)	Viskositet (mPa·s)	Färgrelaterad utsortering	Kommentar/åtgärd
03:03	21,2	17,0	270	-	Start fyllning.
04:52	25,2	17,2	275,2	JA	Byter kliché med tryckcell 4 för att se ifall problemet flyttar med.
05:41	26,5	17,2	275,2	JA	Fortfarande problem men på nya positioner. Tryckcell 4 kasserar ingen produkt. Tilltryck märkbart för löst. Tillsätter färg till en viskositet på 400 mPa·s.
12:25	28,4	26,6	425,6	NEJ	-
17:49	-	-	-	NEJ	Buffert full, mätning uteblir, ingen kassation.

Tryckcell 10 hade omgående problem med hög kassation kopplat till lös färg, se bilaga B.

5.2 Resultat av genomfört test på linje B

För det andra testet som genomfördes på produktionslinje B valdes det ut fyra olika förhållanden mellan färg och lösningsmedel för att testa med avseende på viskositet, se tabell 6. Eftersom färgblandningen med 75 gram mer lösningsmedel än standard inte alls fungerade under testkörningen på linje A tillsattes som mest 50 gram mer lösningsmedel än standard denna gång. Färgblandningen för tryckcell 4 var återigen den standardiserade för produktion vid linje A och linje B. Resterande tre blandningar är lösare än standardiserad blandning med ett intervall på 25 gram.

Tabell 6. Förhållande mellan färg och förtunning per tryckcell för test på linje B samt uppmätt viskositet.

Tryckcell	Färg (g)	Lösningsmedel (g)	Förhållande (%)	Viskositet (mPa·s)
4	700	200	22,2	412,8
6	700	225	24,3	366,4
8	700	250	26,3	336,0
10	700	250	26,3	313,6

Det går att notera att färgblandningarna för tryckcell 8 och 10 hade olika viskositet trots samma förhållande mellan färg och lösningsmedel. Detta kan bero på mättekniska fel eller att blandningarna gjordes med färg från olika burkar, däremot kom all färg som användes från samma batch vilket gör att de borde ha samma viskositet. I bilaga C finns grafer över de mätningar som gjordes på temperatur och luftfuktighet i lokalen under testets gång samt graf över de löpande viskositetsmätningarna.

5.2.1 Tryckcell 4

Tryckcell 4 fylldes med den färgblandning som är standardiserad idag vilket var den färgblandning med högst viskositet från start. Tabell 7 visar de mätningar som gjordes med avseende på viskositeten samt relevanta kommentarer.

Tabell 7. Mätningar av viskositet på tryckfärg från tryckcell 4 under test på linje B.

Tid	Temperatur färg (°C)	Vridmoment (%)	Viskositet (mPa·s)	Färgrelaterad utsortering	Kommentar/åtgärd
18:47	21,7	25,8	412,8	-	Start fyllning.
23:46	26,9	28,2	451,2	NEJ	Fyller på med lite färgblandning för att kunna mäta ordentligt.
04:19	29,2	31,2	499,2	NEJ	Stänk över tilltryck vilket ej bedöms bero på färgen, byter kliché och kassationen upphör.
11:27	29,2	41,1	657,6	JA	Tilltryck visar märkbart tjock färg. Tryckbortfall med plötslig hög kassation från flera positioner.

Under testkörningens gång hade tryckcell 4 en del problem med kassation som inte var kopplad till färgen, se bilaga D.

Efter kassationen på grund av stänk presterade tryckcellen bra fram tills klockan 11:27 då kassation i form av tryckbortfall uppkommit. Precis som vid testet på linje A fick tryckcell 4 med högst viskositet från start först problem med tryckbortfall av alla tryckceller. Viskositeten mättes och testet avbröts.

5.2.2 Tryckcell 6

Tryckcell 6 hade från start 25 gram mer lösningsmedel i färgblandningen jämfört med standard. Tabell 8 presenterar de mätningar som gjordes med avseende på viskositet löpande under testet.

Tabell 8. Mätningar av viskositet på tryckfärg från tryckcell 6 på linje B.

Tid	Temperatur färg (°C)	Vridmoment (%)	Viskositet (mPa·s)	Färgrelaterad utsortering	Kommentar/åtgärd
18:47	21,6	22,9	366,4	-	Start fyllning.
22:20	27,6	24,1	388,6	NEJ	Färgkoppen läcker och klichén har blivit skrapad. Byter båda och fyller på färg. Kassationen upphör.
04:17	28,2	26,7	427,2	NEJ	
12:54	29,0	37,8	604,8	NEJ	Total kassation på 0,19%.

Även tryckcell 6 hade problem under testets gång som inte heller var kopplat till tryckfärgen, se bilaga D. Vid klockan 12:54 hade tryckcellen fortfarande ingen färgrelaterad utsortering och viskositeten uppmättes till 604,8 mPa·s, testet avslutades.

5.2.3 Tryckcell 8

Tryckcell 8 hade från start 50 gram mer lösningsmedel i färgblandningen jämfört med standard. Tabell 9 visar de mätningar som gjordes löpande med avseende på viskositet samt relevanta kommentarer från testets gång.

Tabell 9. Mätningar av viskositet på tryckfärg från tryckcell 8 under test på linje B.

Tid	Temperatur färg (°C)	Vridmoment (%)	Viskositet (mPa·s)	Färgrelaterad utsortering	Kommentar/åtgärd
18:47	21,4	21,0	336,0	-	Start fyllning.
21:30	-	-	-	-	Färgen flyter ut på vissa tecken, byter kliché, kassationen upphör.
23:49	26,9	22,7	363,2	NEJ	Fyller på färg för att kunna mäta ordentligt. Plötslig utsortering, färg fastnar på tamponer. Byter tamponer, kassationen upphör.
04:15	28,8	23,3	372,8	NEJ	-
13:12	-	-	-	NEJ	Total utsortering på 0,38%.

Tryckcell 8 hade stora problem kopplat till andra faktorer än tryckfärgen. Efter att problemen åtgärdats, se bilaga D, presterade tryckcellen bra och totalt landade kassationen på 0,38% för hela testkörningen.

5.2.4 Tryckcell 10

Tryckcell 10 hade från start 50 gram mer lösningsmedel i färgblandningen jämfört med standard, precis som tryckcell 8. Däremot hade färgblandningen på tryckcell 10 lägre viskositet än den i tryckcell 8. Tabell 10 visar de mätningar som gjordes löpande med avseende på viskositet samt relevanta kommentarer från testets gång.

Tabell 10. Mätningar av viskositet på tryckfärg från tryckcell 10 under test på linje B.

Tid	Temperatur färg (°C)	Vridmoment (%)	Viskositet (mPa·s)	Färgrelaterad utsortering	Kommentar/åtgärd
18:47	21,5	19,6	313,6	-	Start fyllning. Lägre viskositet än tryckcell 8 trots samma förhållande mellan färg och lösningsmedel.
23:51	27,0	21,5	344,0	NEJ	Utsortering förekommit pga fel maskininställningar. Kliché förskjuten i djupled. Åtgärdat.
04:12	29,2	22,1	353,6	NEJ	Ingen utsortering alls.
13:07	28,3	31,5	504,0	NEJ	-

Tryckcell 10 hade inledningsvis kassation till följd av fel maskininställningar, se bilaga D. Utöver detta skedde ingen kassation från cellen och vid testets slut klockan 13:07 hade fortfarande ingen färgrelaterad kassation uppkommit.

5.3 Test att späda färg på linje B

Både testet på linje A och det på linje B gav först färgrelaterad kassation från tryckcell 4 med standardiserad färgblandning, vilket är rimligt då den färgblandningen hade högst viskositet från start. Tabell 11 visar data på viskositet och antalet produktionstimmar från tryckcell 4 under testet på linje B.

Tabell 11. Viskositet vid start av test samt vid slut då tryckbortfall uppstått till följd av tjock färg.

Tryckcell	Starttid och datum	Viskositet start (mPa·s)	Sluttid och slutdatum	Viskositet slut (mPa·s)	Antal körtimmar
4	18:47 2023-05-02	412,8	11:27 2023-05-03	657,6	16h 40min

Utifrån detta resultat önskades det undersökas ifall det skulle vara möjligt att med lösningsmedel spä tillbaka färgen till den viskositet den hade från start och på detta vis kunna tillverka lika många timmar till utan problem med tilltryck på grund av färgen. Med våg testades det fram vilken mängd lösningsmedel som behövdes för att sänka viskositeten till startvärde, se tabell 12, och nytt test gjordes.

Tabell 12. Spädning av färgblandning med lösningsmedel i tryckcell 4 på linje B.

Tryckcell	Starttid och datum	Viskositet före spädning (mPa·s)	Tillsatt lösningsmedel (g)	Viskositet efter spädning (mPa·s)
4	11:27 2023-05-03	657,6	55	412,8

Denna gång mättes inte viskositeten löpande under produktion, i stället fick maskinoperatörerna i uppgift att inte justera färgen utan endast hantera tryckproblem genom att byta kliché och tamponer på tryckcell 4. Syftet med detta var att undersöka ifall det med spädning gick att få

lika lång felfri trycktid som vid tidigare test, se *tabell 11*. Tabell 13 visar resultatet av testet.

Tabell 13. Viskositet vid start av test med spädning samt vid slut då tryckbortfall uppstått till följd av tjock färg.

Tryckcell	Starttid och datum	Viskositet start (mPa·s)	Sluttid och slutdatum	Viskositet slut (mPa·s)	Antal körtimmar
4	11:27 2023-05-03	412,8	07:51 2023-05-04	673,6	11:30-15:48 18:30-07:00 16h 48min

Mellan klockan 15:48 och 18:30 stängdes fyllningen av och tryckmaskinen stod stilla. Vid 07:00 meddelade maskinoperatörerna att tryckcell 4 precis börjat kassera till följd av tryckbortfall. Klockan 07:51 uppmättes viskositeten till 673,6 mPa·s och då hade kassationen eskalerat. Eftersom tidigare tester visat att färgblandningarna med 25 gram mer lösningsmedel i än enligt standard, med en viskositet på mellan 360–370 mPa·s från start fungerat bra testades det att spä färgen igen, men denna gång med 70 gram lösningsmedel. Denna gång gjordes tester även på tryckcell 10 och 8 för att se ifall färgen kunde prestera bra genom att spä med en stor mängd lösningsmedel när tryckbortfall uppstått. Se tabell 14.

Tabell 14. Tester spädning av färg vid utsortering kopplad till tjock färg.

Tryckcell	Starttid och datum	Viskositet före spädning (mPa·s)	Tillsatt lösningsmedel (g)	Viskositet efter spädning (mPa·s)	Antal körtimmar
4	07:51 2023-05-04	673,6	70	347,2	08:30- 23:00+ 14,5h+
10	09:17 2023-05-04	622,4	70	348,8	09:30- 23:00+ 13,5h+
8	16:15 2023-05-04	Okänd, färg märkbart tjock	70	Okänd	16:30- 06:00+ 13,5h+

Med 70 gram lösningsmedel hamnade viskositeten på strax under 350 mPa·s på både tryckcell 4 och 10. Även denna gång instruerades maskinoperatörerna till att i största utsträckning hantera tilltrycksproblem med att byta klichéer och tamponer. Vid 16:15 fick tryckcell 8 kassation med tryckbortfall som accelererade hastigt. Denna gång mättes inte viskositeten utan färgen späddes med 70 gram lösningsmedel ändå. Vid 23:00 meddelades det att både tryckcell 4 och 10 gått bra och endast tamponer hade bytts, då hade tryckning skett utan problem i 14,5 respektive 13,5 timmar. Nattskiftet fick problem med tilltrycket från tryckcell 4 och 10 men hade på grund av personalbrist inte tid att åtgärda problemen. Vid 06:00 dagen där på hade tryckcell 8 ännu inte haft någon kassation vilket motsvarar 13,5 timmar felfri tryckning.

Nästa kapitel diskuterar resultatet i förhållande till vald metod med tillhörande metodologiska överväganden.

6 Diskussion

I detta kapitel värderas resultatets trovärdighet och förslag på fortsatt arbete presenteras.

I följande avsnitt diskuteras resultatet i förhållande till val av metod och metodologiska överväganden. Testdata lyfts ut för diskussion och det resoneras ifall det går att dra generella slutsatser från de tester som genomförts. Slutligen föreslås förslag på fortsatt arbete.

6.1 Värdering av resultat

Vid de fyra tillfällena där färgens viskositet uppmättes i samband med hög kassation på grund av tryckbortfall var viskositeten mellan 622,4–673,6 mPa·s. Däremot hade kassation pågått olika lång tid när viskositetsmätningarna genomfördes. Det lägsta värdet på 622,4 mPa·s uppmättes direkt när kassation uppstod eftersom det inträffade under arbetstid. Det högsta värdet på 673,6 mPa·s uppmättes när kassation redan pågått i ungefär 50 minuter eftersom det inträffade före arbetstid. Mätningarna har således inte utförts under exakt samma förhållanden vilket kan innebära att spannet i verkligheten är snävare. De två testerna som landade i mitten av spannet gjordes efter att kassation pågått under lika lång tid och där skiljde sig viskositeten endas cirka 11 mPa·s.

Dagens använda begrepp i form av lös och tjock färg kan i och med genomförda tester i stället beskrivas med värden på viskositet. De tre tester som gjordes på färgblandning med 250 gram lösningsmedel i stället för 200 gram enligt företagsstandard har egentligen gett bra resultat. Däremot uppstod det problem med kliché eller tamponer vid två av de tre testerna där tilltrycket systematiskt flöt ut på vissa tecken. Detta bedöms ha att göra med att klichéerna ibland har ojämn gravyr vilket gör att lösare färg då blir ett problem. Båda problemen gick att lösa genom att byta kliché eller tamponer men det är inte optimalt att ha en färgblandning som blir känslig för ojämnheter i gravyr som inte går att kontrollera. Den färgblandning med 250 gram lösningsmedel som haft högst viskositet uppmättes till 336,0 mPa·s vilket på grund av problem med kliché kan benämnas som lös färg. För de tester som gjordes på färgblandning med 225 gram lösningsmedel i med en viskositet på runt 366 mPa·s uppstod inga problem. Samtidigt kunde dessa färgblandningar trycka i upp emot 1–3 timmar längre utan kassation jämfört med standardiserad färgblandning med 200 gram lösningsmedel i. Det är en anledning till att se över om färgblandningen ska uppdateras.

Under testerna som gjordes med avseende på spädning användes färgblandningar med en viskositet på strax under 350 mPa·s, dessa hade inte problem med sina klichéer. Testerna visar således att färg med en viskositet under 350 mPa·s troligtvis är för lös för att säkra stabil produktion och att färg med en viskositet på över 622,4 mPa·s är för tjock för stabil produktion. Detta med reservation för tryckcellernas variationer vad gäller maskininställningar som inte tas hänsyn till.

De tester där tjock färg som orsakat kassation späddes ut till lägre viskositet gav fler intressanta resultat. De fyra testerna som gjordes visade att färgen presterade utmärkt efter spädning. Vid

första testet späddes färgen med 55 gram lösningsmedel vilket gav en viskositet som motsvarar dagens standardiserade färgblandning, spädning med 70 gram lösningsmedel som gjordes vid resterande tre försök gav en viskositet närmre en färgblandning som har mellan 225–250 gram lösningsmedel från start. Samtliga tester gav utmärkta resultat och ingen färgrelaterad kassation uppstod på minst 12,5 timmar. Viktigt att poängtera är att 70 gram lösningsmedel är en för stor mängd om spädning skulle ske för tidigt och är endast en lämplig mängd om det är bekräftat att färgen är tjock. Därför kan det vara mer lämpligt att tillsätta en mängd lösningsmedel mellan 55–70 gram för att inte riskera att färgen blir för lös och att problem med kliché eller tamponer uppstår. Detta arbetssätt skulle vara fördelaktigt då mindre färg skulle behövas för varje batch. Detta eftersom färgblandningen aldrig skulle behöva bytas under batchens förutsatt att den slutförs inom normal tid, se *2.1*. I stället för att byta ut färgen kan den spädas ut och fyllas på med ny färgblandning för att upprätthålla en normal nivå av färg i färgkoppen.

Vid spädningstesterna fylldes det inte heller på någon färg under testens gång vilket är en indikation på att mängden färg är tillräcklig förutsatt att rätt mängd hälls i från start. Detta skulle innebära att det inte behöver fyllas på med färg förrän dess att färgen är för tjock. Detta innebär färre ingrepp i tryckcellen vilket är fördelaktigt då det inte är önskvärt att göra ingrepp om tryckcellen presterar bra. Det nuvarande intervallsbytet som sker var 40e pall, se *2.1*, borde förslagsvis i stället ske i samband med att tryckfärgens viskositet blir för hög och behöver justeras.

Det som gör att jag tror att arbetssättet med kontrollerad spädning skulle vara möjlig är på grund av resultatet av det blinda spädningstestet, se avsnitt *5.3* och *tabell 14*. Där granskades visionbilder från kasserad produkt samt att godkända ampullkartor undersöktes. Bilderna visade tryckbortfall och de godkända ampullkartorna började få ett tunt ojämnt tilltryck. Då tillsattes 70 gram lösningsmedel utan att veta vilken viskositet färgen hade före eller efter spädning. Tryckcellen hade ingen utsortering under de 12,5 timmar som maskinoperatörna observerade cellen.

Som nämnt i det vetenskapliga ramverket, se *5.3*, är en risk och brist med experimentell metod att försök inte upprepas tillräckligt många gånger för att kunna säkerställa att händelser skett systematiskt och inte slumpmässigt. Eftersom testerna tillsammans med förberedelser tog runt ett dygn att genomföra var det inte möjligt att genomföra fler tester och resultaten kanske därför främst talar för att vidare tester är värda att genomföra snarare än att de kan ligga till grund för nya arbetssätt. Trots att viskositetsmätning är komplext och att det är svårt att få till mätningar på rätt sätt uppstod liknande resultat vid båda de två fullständiga testerna vilket är en indikation på att hanteringen av färg går att generalisera, simplifiera och standardisera. Detta skulle underlätta maskinoperatörernas arbete med tryckmaskinen eftersom de inte alls skulle behöva göra åtgärder på tryckfärgen eftersom ingen kassation verkar bero på tryckfärgen förrän kassationen eskalerar vid runt 622,4 mPa·s. Det faktum att kassationen uppstår plötsligt och accelererar exponentiellt gör att det går att utesluta färgens inblandning vad gäller kassation tills dess att tydliga tecken i form av tryckbortfall uppstår.

Arbetet löser problemet eftersom det resulterat i svar på vid vilken viskositet som färgen är för lös och vid vilken viskositet som färgen är för tjock. Detta skulle göra det enklare att välja rätt åtgärder vid kassation och vid rätt tidpunkt vilket skulle minska kassationen. Det skulle i sin tur förbättra flödet genom att samma mängd produkt passerar genom tryckmaskinen i större utsträckning. Om det är enklare att felsöka och välja rätt åtgärder vid kassation från tryckmaskinen kan antalet stopp och stopptid minska vilket belastar bufferten mindre vilket kan minska andelen stopp av BFS-maskinen. Dessutom skulle ett nytt arbetssätt även gynna miljömässig, social och ekonomisk hållbarhet.

Miljömässigt kommer mindre färg och lösningsmedel gå åt för varje batch eftersom färgen inte kommer behöva bytas ut alls. I stället så kommer färgblandning behövas vid start följt av påfyllning av lösningsmedel samt lite färgblandning i samband med spädning för att hålla färgnivån tillräckligt hög. Utöver detta kommer mindre ampuller kasseras eftersom operatörerna endast behöver ta hänsyn till kliché, tamponer och färgkopp vid felsökning vilket är betydligt enklare att byta och bedöma. Detta då färgen kan ha för låg eller för hög viskositet utan att maskinoperatörerna kan kontrollera det vilket gör att åtgärderna kan bli felaktiga.

Socialt kommer maskinoperatörerna behöva lägga mindre tid på arbete med tryckmaskinen eftersom de inte behöver hantera färgen oftare än var cirka var 14-17e timme vid konstant produktion med normal andel maskinstopp. Det kommer vara enklare för operatörerna att felsöka vilket kan göra att de upplever sin arbetsbelastning som lägre. Dessutom kan det upplevas enklare att prioritera att åtgärda problem med hög kassation ifall de upplever felsökningsprocessen som enklare.

Ekonomisk kommer kostnader minskas då kassationen från trycken kan minska när problem är lättare att åtgärda. Dessutom kommer en mindre mängd färg och lösningsmedel gå åt per batch vilket sparar in på kostnader i det långa loppet.

Slutligen fungerade mätningar med ROTAVISC hi-vi II bra men det är inte att rekommendera för maskinoperatörer att använda utrustningen för viskositetsmätning eftersom risken för mätfel är stor. Dessutom skulle det bli svårt att standardisera ett arbetssätt vilket även upplevs onödigt då kontrollerad spädning utan viskositetsmätning fungerade bra. Åtgärderna vid tryckproblem upplevdes också fungera bra. Vid de båda fullständiga testerna uppstod problem med tilltrycket och vid alla tillfällen gick det att lösa problemen med byte av tamponer, kliché eller färgkopp. Främsta bristen i arbetet har inte med val av metod att göra utan med bristen på tid som gjorde att upprepade försök inte var möjliga. Positivt är att de tester som gjordes gav liknande resultat vilket gjort det möjligt att dra vissa generella slutsatser.

6.2 Förslag på fortsatt arbete

Arbetet har kommit fram till att kassation uppstår till följd av tryckbortfall vid liknande viskositet varje gång. Förslag på fortsatt arbete är därför att fortsätta dessa tester för att säkerställa att detta inte är ett slumpmässigt förfarande utan faktiskt systematiskt. Detta

genomförs lämpligen genom att låta maskinoperatörerna under skarp körning testa det potentiella nya arbetssättet. Med det menas att de inte ska manipulera eller fylla på färgen förrän att kassation uppstår där färgen ser ut att ha nått hög viskositet. Detta kräver givetvis en ny TGF.

Vidare rekommenderas det att testa samma metod på övriga produktionslinjen för att utvärdera ifall standardiserat recept är det bästa, efter hur många timmar och vid vilket värde på viskositet som kassation uppstår samt hur många gram lösningsmedel som då behöver tillsättas för att få tillbaka färgen till ursprungsvärde.

Om dessa tester ger upprepade resultat i enlighet med detta arbete rekommenderas dagens arbetssätt att uppdateras. Det skulle kräva uppdatering av standard och eventuellt recept samt justering av felsökningsstandard. Slutligen krävs utbildning av maskinoperatörer på det nya arbetssättet för att de ska förstå sambandet mellan kassation och färgens viskositet.

Nästa kapitel repeterar arbetets syfte och frågeställningar för att sedan presentera de slutsatser som går att dra från utfört arbete.

7 Slutsatser

I detta kapitel presenteras de slutsatser som går att dra utifrån utförda testkörningar.

Syftet med arbetet var att få en stabil tryckprocess genom att få kunskap om hur färgens viskositet hänger ihop med kassation. Förhoppningen var att detta skulle minska kassationen och förenkla felsökningen för maskinoperatörerna vilket skulle generera ett bättre flöde. Arbetets första frågeställning presenteras nedan:

- Vid vilken viskositet på tryckfärg uppstår kassation från tryckmaskinen?

För de tester som utfördes på linje A och linje B uppstod kassation till följd av hög viskositet som tidigast vid en viskositet på 622,4 mPa·s. Denna viskositet uppmättes precis när systematisk kassation uppkommit. När kassation uppstår från tryckmaskinen på övriga produktionslinjer är okänt. Den andra frågeställningen löd enligt följande:

- Vilka samband går att se mellan färgens viskositet och kassation från visionkamera?

Den främsta slutsatsen som går att dra för förhållandet mellan färgens viskositet och tryckmaskinens kassation är att det finns ett brett spann där kassation inte förekommer. Kassationen uppstår plötsligt och rör sig exponentiellt och mellan en viskositet på 350–622,4 mPa·s uppmät med ROTAVISC hi-vi II med spindel SP-7 och en rotationshastighet på 200rpm har ingen utsortering kopplat till tryckfärgen noterats.

Det går även att konstatera att en viskositet på under 350 mPa·s riskerar att få problem med klichén om gravyren är ojämn. Sammantaget innebär detta att om viskositeten på tryckfärgen håller sig inom spannet för viskositeten kommer inga åtgärder behöva göras med avseende på färgen vid kassation förrän dess att tryckbortfall uppstår vilket tidigast sker efter 15 timmar produktion.

8 Referenser

[1] Lif. Lifs hållbarhetsstrategi [Internet]. Stockholm: Lif; 2022. [citerad 2023-05-09]. Hämtad från: https://www.lif.se/globalassets/pdf/rapporter-interna/hallbar-halsa--lifs-hallbarhetsstrategi-20220523.pdf

[2] AstraZeneca. Verksamheten i Sverige [Internet]. Södertälje: AstraZeneca; 2021 [citerad 2023-05-09]. Hämtad från: https://www.astrazeneca.se/om-oss/verksamheten-i-sverige.html

[3] AstraZeneca. Kort fakta [Internet]. Södertälje: AstraZeneca; 2021 [citerad 2023-05-09]. Hämtad från: https://www.astrazeneca.se/om-oss/korta-fakta.html

[4] Jaafar A, Schoinas S, Passeraub P. Pad-Printing as a Fabrication Process for Flexible and Compact Multilayer Circuits. Sensors 2021;21(20):6802. DOI: 10.3390/s21206802. Figure 1. Schematic view illustrating the pad-printing process.

[5] Rathschlag T. Colorants in printing applications. *Physical Sciences Reviews*. 2022;7(3): 163-195. DOI: 10.1515/psr-2020-0162

[6] Alvehus J. Skriva uppsats med kvalitativ metod: En handbok. 2 upp. Stockholm: Liber; 2019.

[7] Backman J. Rapporter och uppsatser. 2 uppl. Lund: Studentlitteratur; 2008.

[8] Ejvegård R. Vetenskaplig metod. 4:1 uppl. Lund: Studentlitteratur; 2009.

[9] Johannesson H, Persson JG, Pettersson D. Produktutveckling : effektiva metoder för konstruktion och design. 2. uppl. Stockholm: Liber; 2013.

[10] Hooke R. Vetenskapliga försök : [en handbok i statistisk försöksplanering för naturvetare, tekniker, medicinare, samhällsvetare och alla andra som är intresserade av vetenskapliga metodfrågor.]. 1. Upp. Råde L, översättare. Stockholm: Prisma: [Seelig]; 1966.

[11] Teca-Print. The Pad Printing Process [broschyr från internet]. Thayngen: Teca-Print; 2016 [citerad 2023-04-17] Hämtad från: https://teca-print.com/pdf_eng/Tampondruckverfahren/The_pad_printing_process_706-000-465.pdf

[12] De Vicente J, editor. Rheology. InTech; 2012. DOI: 10.5772/2065

[13] Progress in Organic Coatings. Volume 78, January 2015, Pages 287-292.

[14] IKA. MEASURING VISCOSITY | IKA ROTAVISC [broschyr från internet]. Staufen: IKA; 2022. [citerad 2023-05-09]. Hämtad från: https://www.ika.com/ika/pdf/flyer-catalog/20220223_Rotavisc_brochure_EN_IWS_websingle.pdf

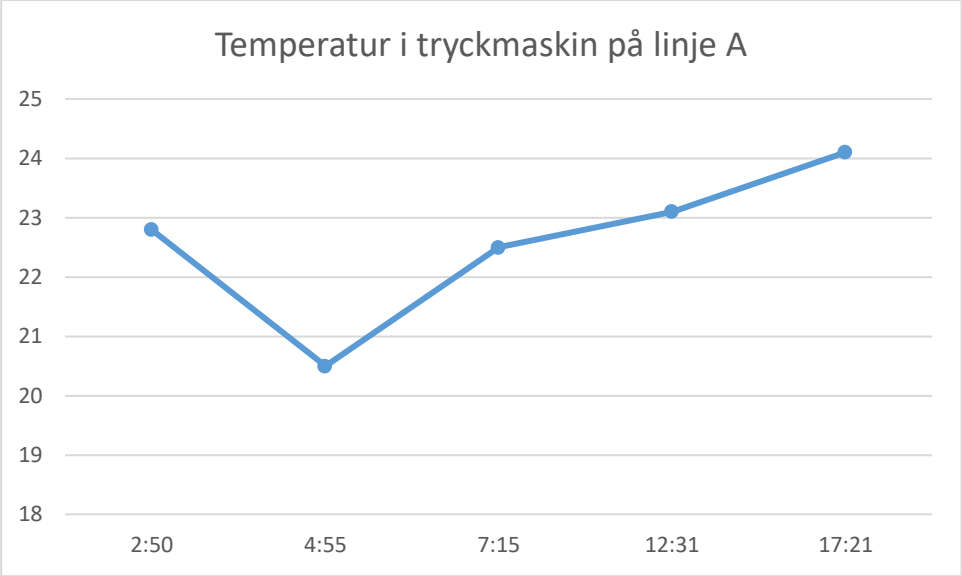
[15] Nawaz A., Islam B., Ijaz M., Saleem U., Sadiq Khattak M., Ahmad S., Maqsood N., Ali L.. An alternative and indirect statistical modeling method for viscosity estimation and its

experimental validation for low styrene content polyester resin. Polish Journal of Chemical Technology. 2018;20(4): 60-65. DOI: 10.2478/pjct-2018-0

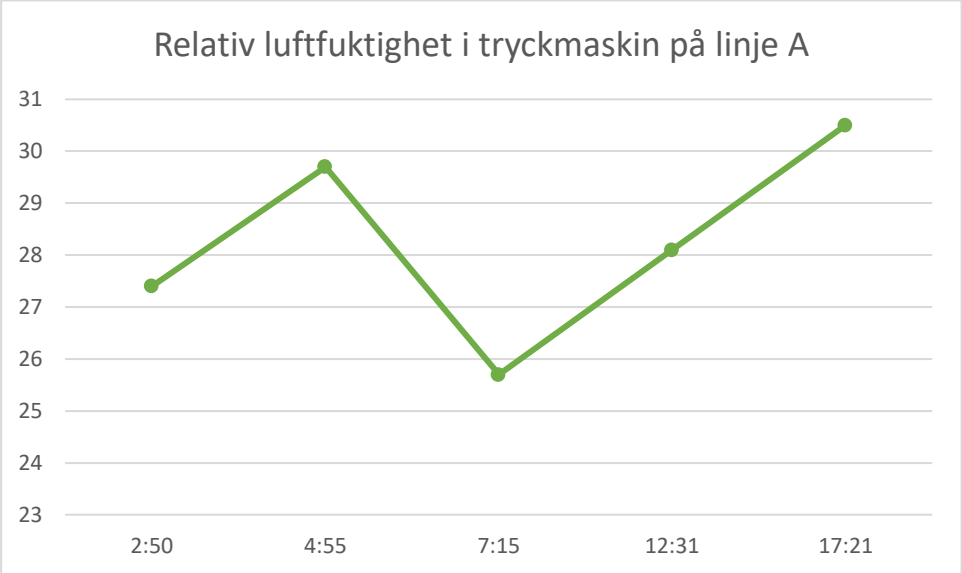
[16] The Institute of Personal Care Science. Lab equipment measuring viscosity [Video file]. 2020, nov 20. [Citerad 2023-05-09]. Tillgänglig från: https://www.youtube.com/watch?v=pSajzWthMe8

[17] IKA. Rotational viscometers, ROTAVISC [Bild]. ©2023 [citerad 2023-05-17]. Hämtad från: https://se.vwr.com/store/product/24665018/rotational-viscometers-rotavisc

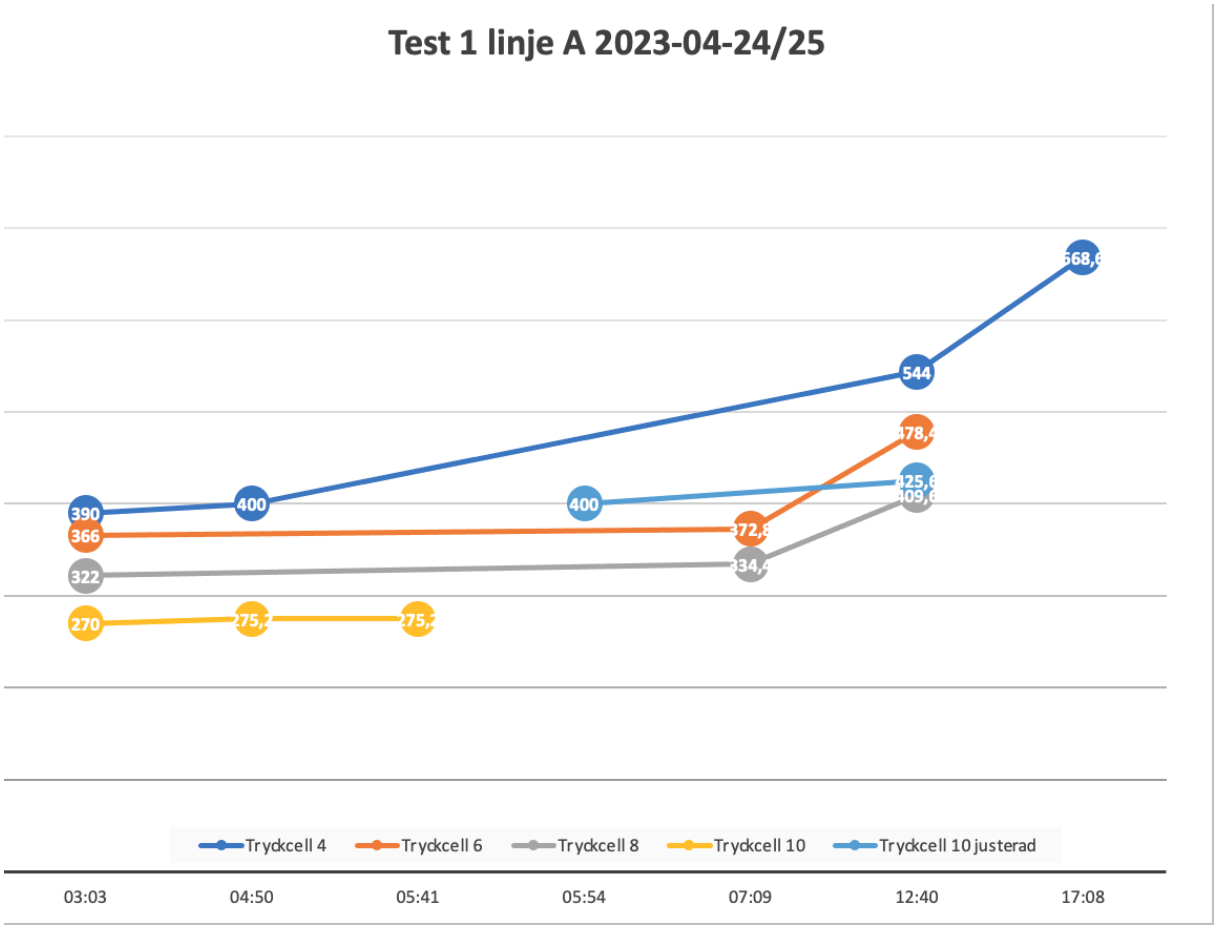
Bilaga A: Mätdata från test på linje A



Figur A1. Temperaturmätningar i tryckmaskinen under test på linje A, angett i °C.



Figur A2. Fuktmätningar i tryckmaskinen under test på linje A, angett i procent.



Figur A3. Löpande viskositetsmätningar under test på linje A för tryckcell 4, 6, 8 och 10.

Bilaga B: Loggbok under testkörning på linje A

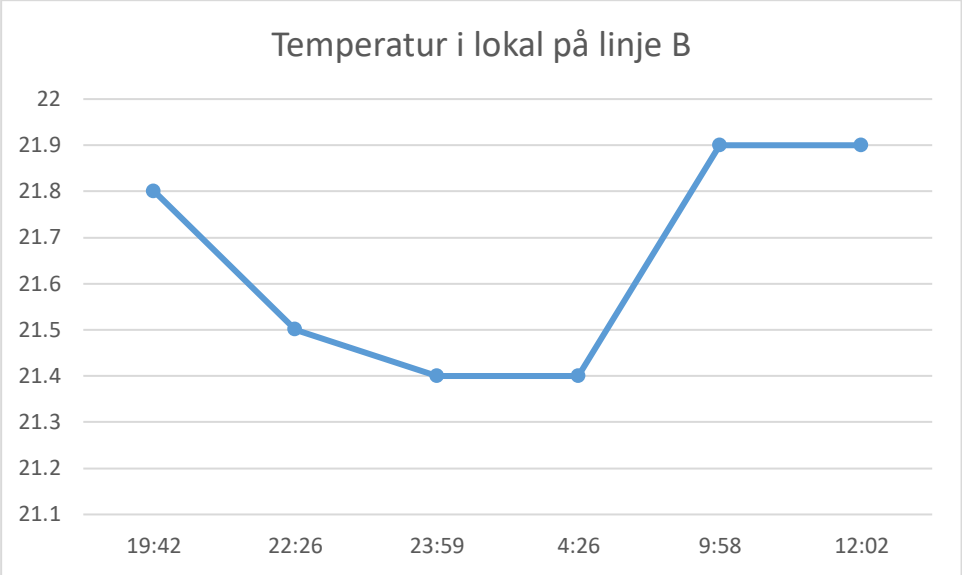
Tryckcell 4
Inga justeringar genomförda.

Tryckcell 6
Inga justeringar genomförda.

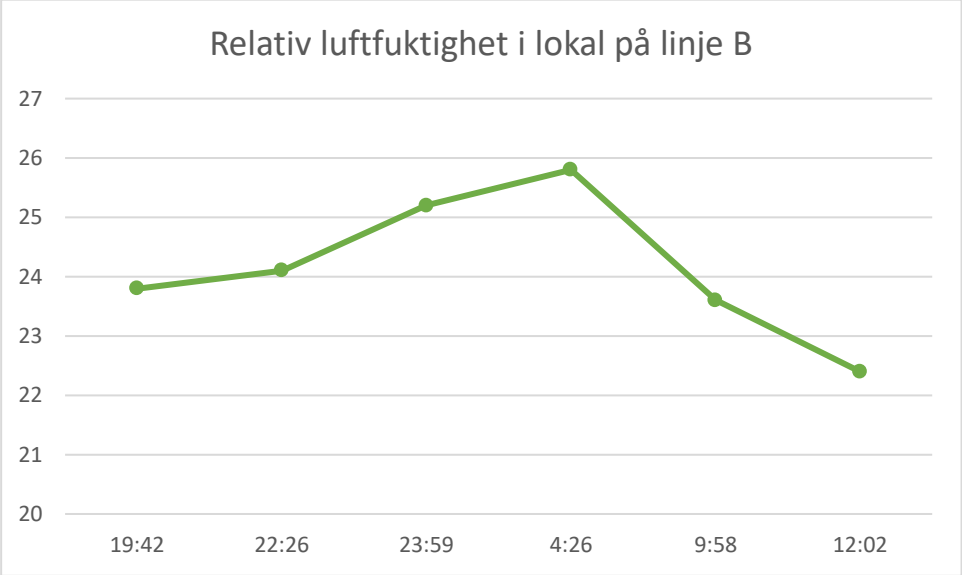
Tryckcell 8
04:15
Tilltrycket flyter ut vilket enligt felsökningsstandard är kopplat till att färgen är för lös. Tilltrycket flyter däremot inte ut enhetligt utan endast systematiskt på vissa tecken. Byter till ny kliché, kassationen upphör.
17:49
Sen cellen försetts med ny kliché klockan 04:15 har ingen kassationen skett och tryckcellen presterar bra även vid testets slut. Ingen avslutande mätning görs med avseende på viskositeten då bufferten är full och produktionen därmed inte tillåter stopp av utrustningen.

Tryckcell 10
04:52
Tilltrycket flyter ut på ampullkartans samtliga positioner och alla tecken och symboler på tilltrycket är berörda. För att utesluta att kassationen inte är kopplad till klichén byts plats på klichéerna från tryckcell 4 och tryckcell 10. Tryckcell 4 påverkades inte av klichébytet men tryckcell 10 fortsätter kassera produkt. Därför beslutas det tillsammans med maskinoperatör att färgen är för lös och cellen tas ur bruk. Till färgblandningen tillsätts färg för att öka viskositeten och när viskositeten når 400mPa•s, vilket är samma som tryckcell 4 hade från start, tas den åter i bruk. Kassationen upphör och tryckcellen har ingen kassation resten av testet.

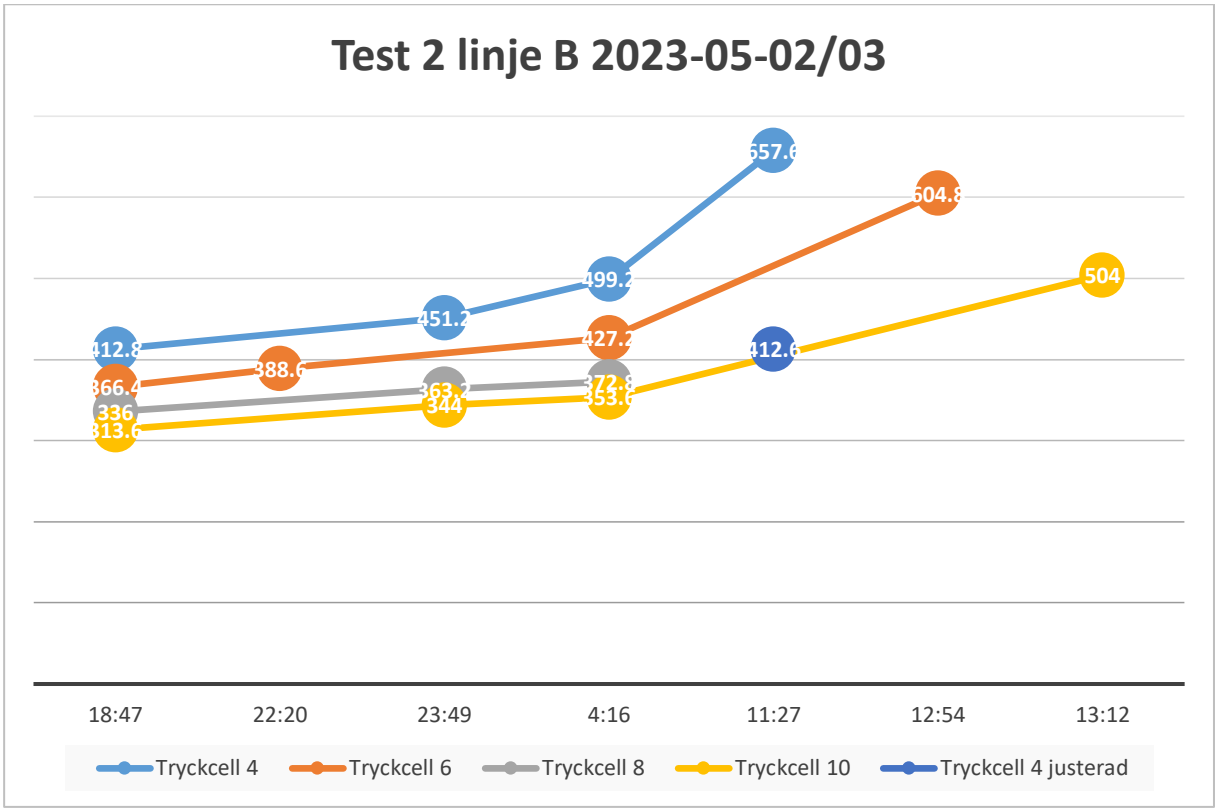
Bilaga C: Mätdata från test på linje B



Figur C1. Temperaturmätningar i lokal under test på linje B, angett i °C.



Figur C2. Fuktmätningar i lokal under test på linje B, angett i procent.

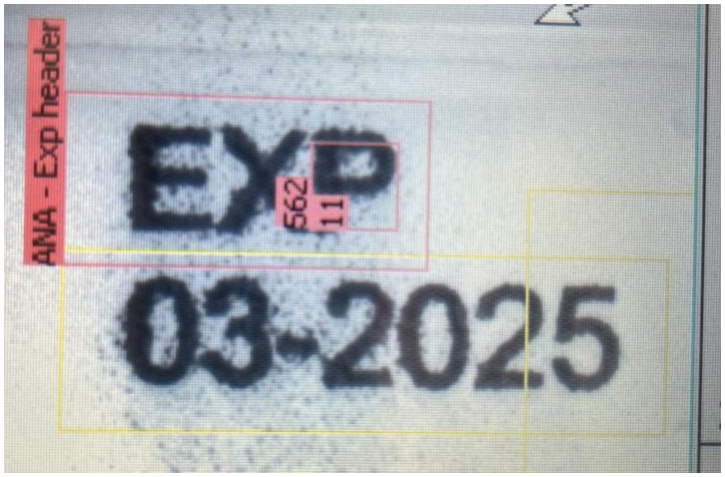


Figur C3. Löpande viskositetsmätningar under test på linje B för tryckcell 4, 6, 8 och 10.

Bilaga D: Loggbok under testkörning på linje B

Tryckcell 4

04:19 Syns återkommande färgstänk över tilltrycket, se figur D1. Först testas det att rengöra klichén med lösningsmedel samt att byta tamponer utan framgång. Då åtgärderna inte ger resultat byts det till en ny kliché och kassationen upphör.



Figur D1. Kasserad ampullkarta med stänk över tilltryck i form av små prickar.

Tryckcell 6

22:20

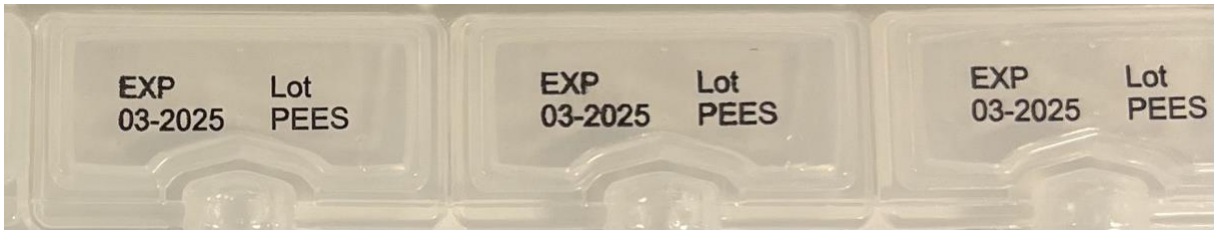
Färgkoppen läcker och kassation uppstår på grund av att färg läcker ut över tilltrycket, byter till ny kopp.

Sammanfattning:

Totalt under testet byts färgkopp fyra gånger på cell 6, två gånger på grund av läckage till följd av trasig rundkniv och två gånger på grund av slumpmässigt läckage. Enligt maskinoperatör har det varit problem med läckage från tryckcell 6 under en längre tid. Utöver detta presterar tryckcellen bra och vid testets slut har tryckcellen haft en kassation på totalt 0,19%.

Tryckcell 8

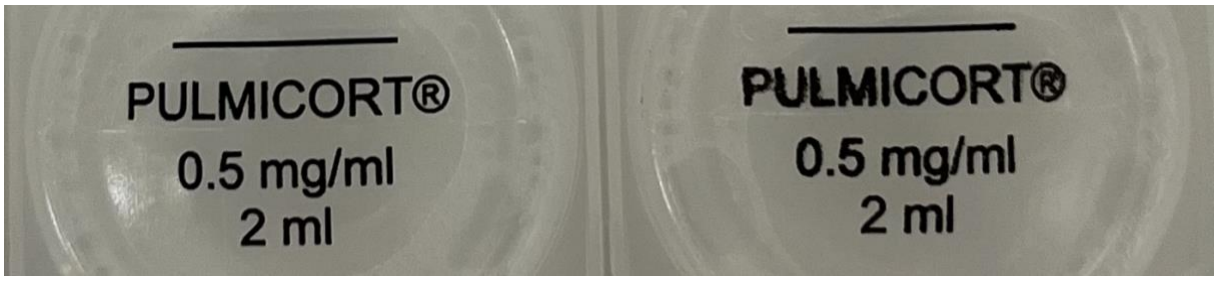
20:40 Inledningsvis uppstår kassation till följd av att tilltrycket flyter ut på vissa tecken. Klichén upplevdes ojämn då tilltrycket är perfekt på vissa tecken men flyter ut återkommande på vissa andra, se figur D2 och figur D3.



Figur D2. Kasserad ampullkarta med ojämn kliché där EXP flyter ut på flagga 1, allt flyter ut på flagga 2, flagga 3 felfri.

Som går att se på flaggorna flyter tilltrycket ut på vissa ställen men inte alls på andra. Tydligast är det på första flaggan där EXP flyter ut medan LOT trycks perfekt, så såg det ut vid upprepade

tillfällen vilket är anledningen till att klichén upplevdes ojämn, annars borde tilltrycket flyta ut slumpmässigt i stället för systematiskt vid lös färg.



Figur D3. Kasserad ampullkarta med ojämn kliché, texten på högra ampullkroppens övre rad flyter ut men ej resterande tilltryck.

Här uppstår problem i stället på ampullkroppen där den högra ampullkroppen regelbundet kasseras för att produktnamnet flyter ut. Ingen kassation sker på grund av den vänstra ampullkroppen eller med avseende på tilltrycket för dos och mängden på den högra ampullkroppen vilket är ett till exempel på att klichén är ojämn. För att undvika ingrepp i färgkopp byts endast tamponer och kassationen upphör. Möjligt att färg med lägre viskositet också orsakar kassation om tamponerna är slitna.

20:50
Ingen kassation sen byte av tamponer.

Tryckcell 10
19:51 Klichén är förskjuten i djupled och tilltrycket placeras därför på en ojämn yta på ampullkroppen. Till följd av detta uppstår kassation ibland.
21:10 Kassationen fortsätter och tekniker tillkallas. Placeringen av klichén justeras och kassationen upphör.