



30/01/2017

Het verminderen van afkeur bij composiet producten

Bachelor Thesis voor Koninklijke Ten Cate



Naam:	Rick Kaptein
Studentnummer:	s1476580
Universiteit:	Universiteit Twente
Afstudeerbegeleider:	Ahmad Al Hanbali
Tweede begeleider:	Leo van der Wegen
Afstudeerbedrijf:	Koninklijke Ten Cate nv
Stagebegeleider:	Wim Kamp

Voorwoord

Voor u ligt de scriptie ‘Het verminderen van afkeur bij composiet producten’. Deze scriptie is geschreven ter afsluiting van mijn bachelor Technische Bedrijfskunde aan de Universiteit Twente, in opdracht van Koninklijke Ten Cate. Binnen TenCate is Wim Kamp, hoofd technische dienst, mijn stagebegeleider geweest. Tijdens het onderzoek hebben mijn begeleiders vanuit mijn studie, Ahmad al Hanbali en Leo van der Wegen, mij erg goed geholpen.

Vanuit mijn studie heb ik een sterke affiniteit gekregen voor het analyseren van data. Bij TenCate was er een opdracht beschikbaar omtrent het optimaliseren van het onderhoud van machines. Bij deze opdracht ging ik ervan uit dat dit mogelijk was aan de hand van data-analyse, maar hier waren de benodigde data niet voor aanwezig. Vanwege mijn affiniteit voor het analyseren van data, ben ik tezamen met het Hoofd Technische Dienst gaan kijken naar andere interessante vraagstukken binnen TenCate Advanced Composites. Aangezien er veel data over afwijkende producten beschikbaar zijn, en men graag wil weten hoe het aantal afwijkingen verminderd kan worden, is zo het onderwerp van dit onderzoek tot stand gekomen.

Ik wil graag mijn begeleiders bedanken voor de hulp die ik heb gekregen met het schrijven van mijn scriptie en Wim Kamp voor de begeleiding tijdens het onderzoek. Binnen TenCate waren de mensen erg behulpzaam gedurende mijn onderzoek en kon ik eigenlijk bij iedereen voor vragen terecht. Dit zorgde ervoor dat ik mijn onderzoek succesvol heb kunnen uitvoeren. Naast de mensen van TenCate, wil ik graag Ferdi Ligtenberg, een consultant vanuit IJssel Technologie, bedanken, omdat ik veel heb kunnen overleggen met hem gedurende mijn onderzoek.

Rick Kaptein,

Enschede, 9 januari 2017

Samenvatting

Vanwege het gebruik van gevoelige informatie zijn de kosten in deze scriptie vermenigvuldigd met een niet vermelde factor.

Dit onderzoek is verricht als deel van de bachelor Technische Bedrijfskunde aan de Universiteit Twente. In deze scriptie is onderzoek gedaan naar het verminderen van het aantal afwijkende producten en de daarbij behorende kosten van de afdeling Advanced Composites van Koninklijke Ten Cate. Binnen Advanced Composites worden composiet laminaten gemaakt van koolstof-, glas- en aramidegarens. Voorbeelden van afwijkingen zijn producten met afwijkingen zijn bijvoorbeeld vlekken, ultrasone defecten, of verkeerd opgebouwde laminaten. Vanwege de korte duur van het onderzoek, is het onderzoek gefocust op de problemen bij de persafdeling, aangezien deze afdeling de hoogste kosten heeft, door afkeur en afwijkingen. De onderzoeksvraag is *‘Hoe kunnen de kosten van afgekeurde producten verlaagd worden door de productie te verbeteren?’*. Hiervoor is eerst de huidige situatie zo goed mogelijk in kaart gebracht, en vervolgens zijn er voor de belangrijkste problemen verschillende oplossingen aangedragen.

Voor de huidige situatie is eerst het productieproces globaal omschreven, aan de hand van interviews. Daarna zijn de productafwijkingen in kaart gebracht door gebruik te maken van de database van non-conforming reports, oftewel omschrijvingen van de producten die niet aan de eisen voldoen. Aan de hand van de gegevens uit deze database, zijn de afwijkingen gecategoriseerd om de belangrijkste problemen te achterhalen. Omdat momenteel de kosten van kortingen op afwijkende producten die toch verkocht zijn, niet zijn ingevoerd in de database, zijn deze handmatig toegevoegd aan de hand van een schatting. Dit is gedaan om een realistischer beeld te geven van de totale kosten van afwijkingen. Vervolgens is in samenwerking met een klein team bepaald welke problemen mogelijk op te lossen zijn. Voor deze problemen zijn verschillende oplossingen omschreven, aan de hand van interviews en literatuuronderzoek, en is telkens uitgelegd of de oplossing haalbaar en realistisch is.

Uit dit onderzoek is allereerst gebleken dat de kosten door afwijkingen ongeveer 12% hoger zijn dan uit de database van non-conforming reports blijkt, vanwege de kortingen. Ten tweede is gebleken dat de productafwijkingen slechts een zeer kleine invloed hebben op de effectiviteit van de productie. De kwaliteitsratio van de productie bij de persafdeling is namelijk gemiddeld 99,98%. Daarnaast is gebleken dat de afdelingen met de hoogste kosten de persafdeling (18,9%) en de impregneerafdelingen 1 en 2 (9,2% en 8,9%) zijn. Verder is 44,6% van de kosten niet toegekend aan een specifieke afdeling, maar voor de afwijkingen die binnen deze categorie vallen worden momenteel al twee grote onderzoeken uitgevoerd, waardoor dit buiten beschouwing van dit onderzoek valt. Aan de hand van Pareto analyses zijn de belangrijkste problemen bij de persafdeling:

- Diverse afwijkingen door machinestoringen van de pers;
- Ultrasone defecten veroorzaakt door drukverlies aan de randen bij de pers;
- Kreukels veroorzaakt door het gebruik van (verouderd) teflon;
- Producten die verkeerd zijn opgebouwd;
- Groeven door het gebruik van Upilex als lossingsmiddel;
- Vlekken door losse koolstofvezels.

Van deze problemen zijn er alleen oplossingen bedacht voor de kreukels veroorzaakt door het gebruik van verouderd teflon, en voor de afwijkingen veroorzaakt door drukverlies. Er is namelijk te weinig data over de machinestoringen en de storingen zijn erg uiteenlopend, waardoor het niet mogelijk is om één oplossing te bedenken die de problemen grotendeels kan voorkomen. Daarnaast blijkt het verkeerd opbouwen van producten al te zijn opgelost sinds september, en hebben de andere problemen te weinig impact of zijn te lastig op te lossen.

Momenteel wordt er niet bijgehouden hoeveel keer een teflonlaag gebruikt is, en wordt er visueel bepaald of de teflonlaag nogmaals gebruikt kan worden. De kreukels veroorzaakt door verouderd teflon kunnen voorkomen worden door de lagen preventief te vervangen na een bepaald aantal keer. Hiervoor moet er eerst bijgehouden worden, door middel van bijvoorbeeld markeringen aan de rand van het teflon, hoe vaak de lagen momenteel gebruikt worden. Aan de hand hiervan kan dan over een aantal maanden berekend worden wat het optimaal aantal keer is dat een teflonlaag gebruikt kan worden. Dit is om zoveel mogelijk afwijkingen te kunnen voorkomen, zonder dat de materiaalkosten te veel toenemen. Nadat er voldoende data verzameld zijn, kan TenCate dit berekenen. De kosten van afwijkingen kunnen hierdoor afnemen met maximaal €17.900.

De ultrasone defecten worden veroorzaakt doordat de isolatieplaten langzaam verslijten, of doordat ze zich nog enigszins moeten vormen wanneer ze nieuw zijn. Door een gebrek aan de juiste data, is het op dit moment niet mogelijk om te berekenen wanneer de platen het best vervangen kunnen worden. Wanneer ultrasone defecten voorkomen bij producten, worden de isolatieplaten opgevuld met dunne laagjes Upilex materiaal, zodat de druk weer gelijk verdeeld is. Om drukverlies te voorkomen, kunnen de platen preventief opgevuld worden met Upilex, aan de hand van 4 extra druksensoren in de hoeken van de pers. Hierdoor kunnen de kosten van afwijkingen dalen met maximaal €30.660.

Het is voor TenCate aan te raden om data te gaan verzamelen over het aantal keer dat teflonlagen worden gebruikt, en de redenen waarom ze worden afgeboekt. Hierdoor wordt ten eerste inzichtelijk wat het verband is tussen het aantal keer dat teflon gebruikt wordt, en het aantal afwijkingen. Ten tweede kan hierdoor het aantal afwijkingen verminderd worden door het teflon preventief te vervangen. Ook is het aan te raden dat TenCate een onderzoek start naar de haalbaarheid en de investeringskosten van het inbouwen van druksensoren in de 3 persen, zodat de productiekwaliteit aanzienlijk verbeterd kan worden. Als laatste is het aan te raden om nauwkeurig bij te gaan houden welke productafwijkingen te wijten zijn aan drukverlies, en wanneer de isolatieplaten precies vervangen worden. Als dit gedaan wordt, kan TenCate berekenen hoelang de isolatieplaten het best in gebruik kunnen zijn.

Inhoudsopgave

Voorwoord	i
Samenvatting	ii
Hoofdstuk 1. Plan van aanpak	1
1.1. Aanleiding en Context	1
1.2. Probleemanalyse	2
1.2.1. Probleemmotivatie	2
1.2.2. Doelstelling	3
1.3. Probleemaanpak	4
1.3.1. Probleemanalyse	5
1.3.2. Het vinden van oplossingen en de implementatie	6
Hoofdstuk 2. Huidige Situatie	7
2.1. Hoe ziet het productieproces eruit?	7
2.2. Waarom worden er producten afgekeurd?	8
2.3. Wat de impact van productafwijkingen?	10
2.4. Wat zijn de oorzaken van afkeur?	17
2.4.1. Afwijkingen en oorzaken persafdeling	20
2.5. Conclusie	24
Hoofdstuk 3. Mogelijke oplossingen	27
3.1. Welke oorzaken van afwijkingen worden verder uitgewerkt?	27
3.2. Hoe kunnen de problemen opgelost worden?	28
3.2.1. Hoe kan ervoor gezorgd worden dat het opbouwen van laminaten niet fout gaat? ...	28
3.2.2. Hoe kunnen kreukels voorkomen worden?	29
3.2.3. Hoe kan de isolatie van de pers verbeterd worden?	33
3.3. Conclusie	39
Hoofdstuk 4. Conclusie en discussie	43
4.1. Conclusie	43
4.2. Discussie en aanbevelingen	44
Hoofdstuk 5. Literatuurlijst	47
Hoofdstuk 6. Appendix	49
A. Lijst met het aantal NCR's per omschrijving	49
B. Kosten afkomstig door gegeven kortingen aan bepaalde klanten	50
C. Belangrijkste problemen persafdeling	51

D. Specificaties Fuji Pressure Sensitive Film	52
E. Specificaties carbonpapier	54

Hoofdstuk 1. Plan van aanpak

In dit hoofdstuk zal het plan van aanpak toegelicht worden. In paragraaf 1.1 wordt er wat algemene informatie gegeven over het bedrijf en wordt de probleemcontext uitgelegd. In 1.2 wordt het probleem besproken en wordt er uitgelegd wat de relevantie ervan is. Daarnaast worden de doelen van dit onderzoek verklaard. Vervolgens wordt in paragraaf 1.3 beknopt besproken hoe het probleem aangepakt wordt.

1.1. Aanleiding en Context

Dit verslag is geschreven voor Koninklijke TenCate nv, een multinational op het gebied van textieltechnologie. TenCate heeft in 2015 een omzet gerealiseerd van €1.158,9 miljoen, met daarbij een nettoresultaat van €34,1 miljoen. Bij TenCate zijn in totaal ongeveer 4300 mensen werkzaam op vier verschillende continenten.

TenCate heeft twee hoofdsectoren, de Advanced Textiles & Composites sector en de sector Geosynthetics & Grass. De missie van TenCate is het worden of blijven van marktleider in verschillende nichemarkten. TenCate wil hierbij een bijdrage leveren aan de technologische vooruitgang in de verschillende sectoren. TenCate wil dit op een duurzame manier bereiken, door rekening te houden met de sociale, ecologische en economische belangen.

Binnen de Advanced Textiles & Composites bevinden zich vier marktgroepen. Dit zijn:

- Protective Fabrics
- Outdoor Fabrics
- Advanced Composites
- Advanced Armour

Dit onderzoek zal zich volledig richten op de Nederlandse afdeling Advanced Composites. Deze afdeling produceert producten voor verschillende soorten klanten, zoals onder andere koolstoflaminaat voor de lucht- en ruimtevaartindustrie, voor in auto's en voor de medische wereld. Daarnaast wordt er laminaat gemaakt van glas- en aramideweefsel. De klanten van de markten waar TenCate in actief is, stellen hoge eisen aan de producten en hebben hoge verwachtingen.

Tegenwoordig verwachten klanten van TenCate steeds meer van de verantwoording van kosten. Er wordt verwacht van TenCate dat ze duidelijkheid kunnen geven in de afwijkingen van producten en de oorzaken van de afwijkingen. Daarnaast zorgen afwijkende producten bij TenCate voor hogere kosten en meer afval, wat niet past in de duurzaamheidsstrategie van TenCate.

De focus van dit onderzoek zal vooral liggen op de afkeur door machinale fouten. Hier is voor gekozen, omdat mijn stagebegeleider binnen het bedrijf Hoofd Technische Dienst is. De menselijke fouten zullen wel behandeld worden, maar met minder diepgang dan machinale fouten.

1.2. Probleemanalyse

In dit hoofdstuk wordt een toelichting gegeven voor het probleem, met daarnaast een omschrijving van de onderzoeksvragen.

1.2.1. Probleemmotivatie

De producten afkomstig van de persafdeling van Advanced Composites mogen weinig tot geen mankementen bevatten wanneer ze naar de klant gaan. Op deze afdeling wordt namelijk onder andere carbon laminaat geproduceerd dat gebruikt wordt voor in vliegtuigen van Airbus, Boeing en Fokker, waar hoge kwaliteitseisen gelden. Andere producten afkomstig van deze afdeling worden gebruikt in bepantsering van legervoertuigen, de auto-industrie of in racefietsen. De producten die hiervandaan komen en niet aan de eisen voldoen, worden in eerste instantie afgekeurd. Vervolgens wordt er gekeken of de producten nog kunnen worden aangepast zodat ze wel goed zijn, of aan een andere klant verkocht kunnen worden.

Afwijkende producten kunnen resulteren in hogere kosten doordat er aanpassingen nodig zijn of doordat er een korting gegeven wordt aan de klant. Afgekeurde producten resulteren in extra kosten doordat er materiaal en productietijd verloren is gegaan, aangezien de producten niet nog een behandeling kunnen ondergaan waardoor ze geschikt zouden zijn voor de verkoop. Daarnaast kan het ertoe leiden dat klanten langer moeten wachten op bestelde producten, wat leidt tot irritaties en eventueel kosten bij de klant. De probleemstelling is daarom als volgt:

Afwijkingen bij producten zorgen voor te hoge directe en indirecte kosten en hebben daarnaast een negatieve invloed op de relatie met de klant.

Wie zijn de stakeholders van het probleem?

Binnen TenCate hebben allereerst de mensen op de productievloer te maken met afwijkingen en afkeur. Zij zijn de eersten die de afwijking ontdekken en moeten vervolgens een non-conforming report (hierna NCR) invoeren in het systeem. Afhankelijk van de ernst van de afwijking, kan het ook noodzakelijk zijn dat de productie (tijdelijk) moet worden aangepast.

Naast de productiemedewerkers heeft de Quality Inspection afdeling te maken met afwijkende producten. In principe bepalen zij wat er met de afwijkende producten gebeurt. Zij zijn ook verantwoordelijk om de afwijking te communiceren naar de klant toe.

De klanten zijn bij dit probleem ook belangrijke stakeholders. Zij verwachten dat producten in goede staat en volgens de afgesproken specificaties worden afgeleverd. Daarnaast wordt er verwacht dat TenCate kan verantwoorden waarom er afwijkingen zijn en hoe zij het aantal afwijkingen willen verminderen.

Wat wordt er al gedaan om afwijkingen te verminderen?

Wanneer er een product met een afwijking ontdekt wordt, wordt dit in een storingssysteem gezet in de vorm van een NCR. Een afwijking kan op ieder moment in het proces ontdekt worden, waarna er vervolgens een NCR ingevoerd kan worden. Een NCR houdt in dat er bij een product een afwijking is van de opgestelde specificaties. Kleine afwijkingen kunnen, afhankelijk van de klant, geaccepteerd

worden. De producten worden dan alsnog naar de klant verstuurd. Enerzijds gebeurt dit om kosten te besparen, anderzijds omdat het wegdoen van nagenoeg goede producten niet in lijn is met de duurzaamheid die TenCate wil bereiken. Daarnaast kan er een korting gegeven worden aan de klant, wanneer een product niet geheel aan de eisen voldoet. Soms komt het ook voor dat een product voor de ene klant niet geschikt is, maar wel voor een andere klant. Dit komt doordat klanten soms verschillende eisen stellen aan de producten. De producten die voor geen klant meer geschikt zijn, worden momenteel nog vernietigd. In de toekomst wil men die recyclen.

Wanneer een NCR ingevoerd wordt, wordt er vanuit de Quality Inspection afdeling gekeken naar de reden van het afkeuren van het product. Dit wordt vervolgens meegenomen in een wekelijkse bespreking van NCR's. Bij deze besprekingen zijn alle afdelingshoofden aanwezig. Er wordt dan gevoelsmatig bepaald of een probleem een veelvoorkomend probleem is, wat de impact is, en hoe het voorkomen kan worden. Tijdens deze vergaderingen kunnen ad hoc beslissingen worden genomen om afwijkingen of afkeur in het vervolg te proberen te verminderen door bepaalde wijzigingen door te voeren. Een kanttekening hierbij is dat alle nieuwe NCR's direct besproken worden, ook al is er nog niet achterhaald wat de precieze oorzaak is. De NCR's worden op een later moment niet nogmaals behandeld.

Daarnaast worden er vanuit de Quality Inspection afdeling root cause analyses gemaakt om de oorzaken voor afwijkingen te vinden. Dit wordt gedaan wanneer de soort afwijking vaker voorkomt, of wanneer het tot hoge kosten leidt. Als de oorzaak duidelijk is, wordt er bepaald hoe dit probleem in het vervolg verholpen kan worden.

Waarom moet het probleem aangepakt worden?

De kosten die gemaakt worden door afgekeurde en afwijkende producten binnen de afdeling Advanced Composites bedragen ruim 1% van de gerealiseerde omzet per jaar. Hoewel niet alle producten met een afwijking worden afgekeurd, kunnen deze producten wel tot kosten leiden. Een deel van de producten kan namelijk nog worden aangepast, wat tot extra productiekosten leidt. Ook kunnen er kosten toegekend worden, omdat er een korting gegeven wordt aan de klant.

De kosten van afkeur zijn volgens TenCate te hoog. Daarnaast verlangen de klanten van TenCate dat aangetoond kan worden waarom er afwijkingen in de productie zijn. Ook verwachten sommige grote klanten dat TenCate uitlegt hoe getracht wordt de afkeur te verminderen in de toekomst. De afgekeurde producten worden in principe vernietigd of gratis aangeboden aan een bedrijf dat het nog ergens in kan verwerken.

1.2.2. Doelstelling

In deze paragraaf zal het doel van het onderzoek worden uitgelegd en worden de onderzoeksvragen toegelicht.

Het doel van dit onderzoek is achterhalen wat de oorzaken zijn van afwijkende producten en hoe het aantal afwijkende producten verlaagd kan worden, om zo de kosten van afkeur te verminderen. Daarnaast zal het onderzoek meer inzicht geven in welke afwijkingen te wijten zijn aan machinale

fouten en welke aan menselijke fouten. Het kernprobleem luidt 'Er is te veel afkeur'. De centrale onderzoeksvraag hierbij is als volgt:

Hoe kunnen de kosten van afgekeurde producten verlaagd worden door de productie te verbeteren?

Op te leveren producten

Het eindproduct zal bestaan uit een advies voor het verminderen van de kosten door afwijkingen en afkeur. Dit advies kan dienen als hulpmiddel om veranderingen door te voeren op de productieafdeling van Advanced Composites. Naast dit advies zullen de bestanden waarmee de analyses zijn gemaakt, worden meegeleverd.

Afbakening

De totale duur van dit onderzoek zal 10 weken bedragen. Hierdoor is het noodzakelijk om de omvang van het onderzoek enigszins te beperken:

- Alleen de afwijkende producten waarvan een NCR is ingevoerd, zullen meegenomen worden in de analyses.
- Er zal gekeken worden naar NCR-data van januari 2015 tot aan september 2016
- De NCR's waarvan geen oorzaak is ingevuld, zullen niet meegenomen worden in de analyses.
- Er zal alleen gekeken worden naar de koolstofproducten binnen de afdeling Advanced Composites.

1.3. Probleemaanpak

Om het onderzoek in 10 weken te kunnen afronden, zal het onderzoek opgedeeld worden in verschillende fasen. Deze fasen geven globaal weer welke activiteiten benodigd zullen zijn. Hiervoor zal de Algemene Bedrijfskundige Probleemaanpak (Heerkens, 2012) als richtlijn gebruikt worden. In de eerste fase van deze aanpak wordt het probleem geïdentificeerd. Dit is beschreven in paragraaf 1.2.1 en 1.2.2. In deze paragraaf wordt de probleemaanpak geformuleerd. De resterende fasen zijn als volgt:

- De probleemanalyse
- De formulering van oplossingen
- Het kiezen van een oplossing
- Een implementatieplan schrijven
- De evaluatie van de oplossing

Gezien de korte duur van dit onderzoek, zal het onderzoek zich beperken tot het schrijven van een implementatieplan. Het uitvoeren van het plan en het evalueren zal buiten de omvang van dit onderzoek vallen.

1.3.1. Probleemanalyse

Om het probleem goed te kunnen analyseren, is er eerst meer informatie nodig over de verschillende processen, de producten, de problemen die er momenteel zijn en de soorten productafwijkingen. Het verzamelen van informatie zal in het begin voornamelijk gebeuren door het houden van interviews met mensen van Quality Inspection, productiemedewerkers en mensen van de Technische Dienst. Daarnaast zal het nodig om uit te zoeken welke bestanden relevant zijn voor het analyseren van de kosten van afwijkingen of afkeur. Ook zijn er bestanden nodig die informatie bevatten over het onderhoud van de machines. Hierbij zullen de volgende vragen centraal staan:

Vraag 1. Wat is de huidige situatie?

Aangezien deze vraag erg breed is, wordt deze nog opgedeeld in vier specifiekere vragen. Vervolgens zal in een conclusie alles samengevat worden. Deze vraag zal beantwoord worden in hoofdstuk 2.

1.a Hoe ziet het productieproces eruit?

Hier zal het productieproces globaal omschreven worden, door gebruik te maken van informatie afkomstig van mijn begeleider en teamleiders van de productievloer.

1.b Waarom worden er producten afgekeurd?

Deze deelvraag zal beantwoord worden door gebruik te maken van de NCR-data en het afnemen van interviews. Hierdoor wordt er inzicht gegeven in de verschillende soorten afwijkingen, de mate waarin de afwijkingen voorkomen, en de kosten die hiermee gepaard gaan.

1.c Wat is de impact van productafwijkingen?

Bij deze deelvraag zal er allereerst aangegeven worden wat de financiële impact is van afwijkingen. Hiervoor zullen NCR-data gevalideerd worden aan de hand van financiële tellingen. Dit zijn namelijk twee verschillende informatiesystemen. Ten tweede wordt er ingegaan op de kortingen die gegeven worden aan klanten door producten die (kleine) afwijkingen bevatten. Als laatste zal er worden uitgelegd wat de invloed van afwijkingen is op het productieproces.

Daarnaast zal er onderzocht worden wat voor impact deze afwijkingen hebben op de effectiviteit van de productie. Dit zal gedaan worden door middel van theorie over Total Productive Maintenance en daarbij de tool Overall Equipment Effectiveness. De Overall Equipment Effectiveness geeft inzicht in de werkelijke effectiviteit van de productie. Hierbij wordt rekening gehouden met omsteltijden, storingen en het percentage afkeur. Hiervoor zullen gegevens nodig zijn over het aantal geproduceerde producten, de stilstand door storingen en de daadwerkelijk afgekeurde producten.

1.d Wat zijn de oorzaken van afgekeurde producten?

Hiervoor zullen eerst de data van NCR's gecategoriseerd moeten worden. In de database is namelijk een veld waarin de oorzaak wordt weergegeven, maar dit is een vrij in te vullen veld. Om hier conclusies uit te kunnen trekken, moeten eerst de gelijksoortige oorzaken worden samengevoegd. Hierbij moet er gekeken worden welke oorzaken niet meer relevant zijn, omdat ze tegenwoordig voorkomen worden door bepaalde aanpassingen.

1.3.2. Het vinden van oplossingen en de implementatie

Nadat de huidige situatie in kaart is gebracht en er duidelijk is wat de oorzaken van de verschillende afwijkingen zijn, is het nodig om mogelijke oplossingen te gaan bedenken. Dit onderdeel zal samenvallen met de implementatie van de oplossingen. Hierbij staat de volgende vraag centraal:

Vraag 2. Welke oplossingen zijn er mogelijk om de afkeur te verminderen?

In deze vraag zal er voor een klein aantal oorzaken van afwijkingen uitgezocht worden hoe deze opgelost kunnen worden, zodat er minder afwijkingen voorkomen. Er worden mogelijke oplossingen gezocht voor de belangrijkste problemen die in vraag 1 omschreven worden. De benodigde informatie hiervoor zal voor het grootste gedeelte verzameld worden aan de hand van gesprekken en interviews met (productie)managers, proces engineers en met het Hoofd Technische Dienst. Daarnaast zal er waar nodig literatuur geraadpleegd worden, om meer inzicht en kennis te vergaren over bepaalde productieprocessen. Deze vraag zal beantwoord worden in hoofdstuk 3.

Aangezien het te veel tijd kost om voor alle problemen oplossingen uit te werken, wordt eerst de volgende deelvraag uitgewerkt:

2.a Welke oorzaken van afwijkingen worden verder uitgewerkt?

Hiervoor worden de problemen die in vraag 1 omschreven worden, geclassificeerd aan de hand van de impact die de problemen hebben en de moeite die het kost om het probleem op te lossen. Deze classificatie zal in samenwerking met het Hoofd Technische Dienst, de Consolidatie Manager en de manager van de Process Engineers tot stand komen. Aan de hand van deze classificatie van problemen wordt er bepaald voor welke problemen er oplossingen gezocht worden. Daarna wordt de volgende vraag uitgewerkt:

2.b Hoe kunnen de problemen opgelost worden?

Bij deze vraag wordt er per probleem gekeken hoe het kan worden opgelost. Bij iedere oplossing zal er worden uitgelegd of de oplossing geschikt is en wat de besparing zou kunnen zijn wanneer de oplossing geïmplementeerd wordt. Ook wordt er uitgelegd hoe de oplossingen geïmplementeerd kunnen worden. De haalbaarheid van de oplossingen wordt telkens besproken en geëvalueerd met het hoofd technische dienst en andere relevante mensen binnen TenCate.

Daarna zal in hoofdstuk 4 de hoofdvraag van het onderzoek beantwoord worden, met daarnaast een algemene conclusie en discussie van het onderzoek.

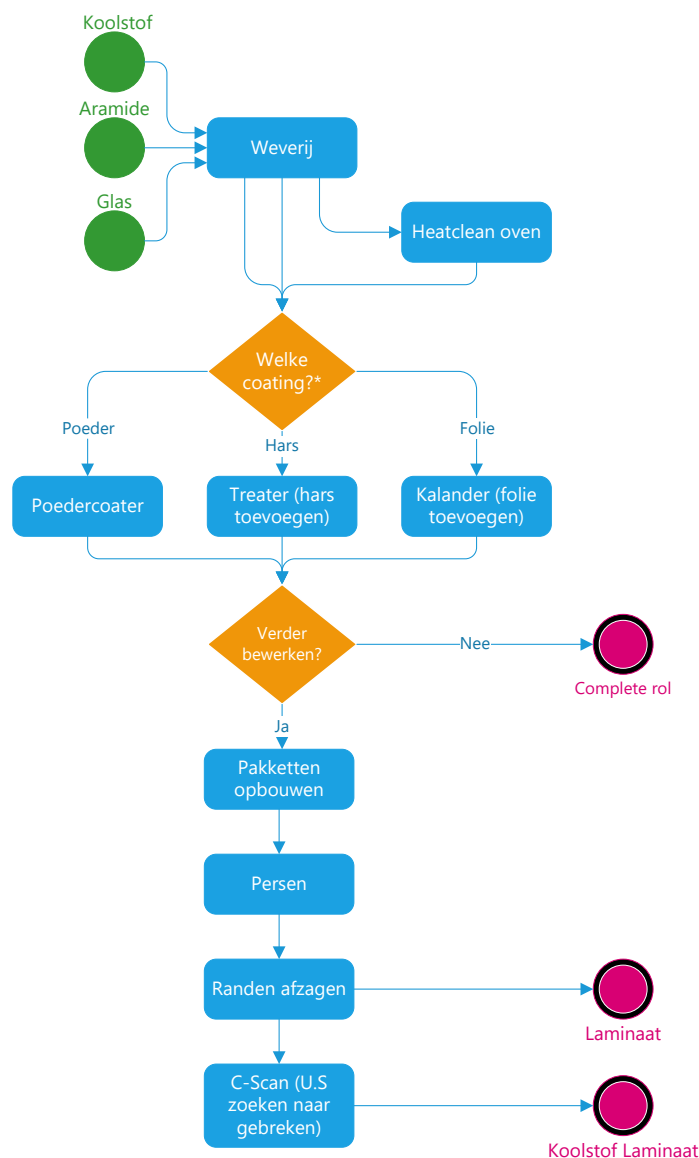
Hoofdstuk 2. Huidige Situatie

In dit hoofdstuk zal de eerste vraag beantwoord worden, waardoor duidelijk wordt wat de huidige situatie is. Dit zal gedaan worden door eerst de 4 deelvragen te beantwoorden, waarna vervolgens in een conclusie de eerste vraag beantwoord wordt.

2.1. Hoe ziet het productieproces eruit?

Producten of deelproducten kunnen op verschillende momenten in het proces afgekeurd worden.

De eindproducten zijn composiet laminaten gemaakt van koolstof-, glas- of aramideweefsel gecombineerd met verschillende coatings. Een laminaat bestaat uit meerdere lagen van verschillende soorten materiaal. Het opbouwen van een laminaat kan daarom op veel verschillende manieren gedaan worden, afhankelijk van het eindproduct. In Figuur 2-1 is een flowchart te zien van het proces om composiet laminaat te maken.



Figuur 2-1: Flowchart laminaatproductie

Allereerst worden er garens met koolstof-, aramide- en glasvezel ingekocht. Deze garens worden volgens diverse patronen geweven op verschillende machines in de weverij. Voor koolstofweefsels is daarna een extra stap nodig, aangezien er een dunne bescherm laag op de garens aanwezig is die gereinigd dient te worden. Dit gebeurt in de Heat Clean Oven. Om de weefsels in het uiteindelijke product sterker en stijver te maken, wordt er een thermoharder of een thermoplast toegevoegd aan het materiaal. Dit kan op drie manieren gebeuren. Bij de poedercoater wordt er kunststof poeder verstrooid over het weefsel, wat vervolgens smelt onder infrarood panelen. De tweede optie is het impregneren van het weefsel met hars bij de Treater. De laatste optie is het toevoegen van een kunststoffolie aan het weefsel bij de Kalander. Een deel van het aramideweefsel wordt vervolgens verwerkt in andere afdelingen van TenCate tot bijvoorbeeld kogelvrije vesten. Ook wordt een deel van de rollen met behandeld weefsel direct verkocht. Het grootste gedeelte wordt echter gebruikt voor het produceren van composiet laminaat. Alvorens het materiaal geperst kan worden, moet het eerst worden opgebouwd. Ieder laminaat bestaat namelijk uit meerdere lagen materiaal. Het opbouwen gebeurt handmatig in 5 opbouwruimtes, waarbij veel combinaties van materiaal mogelijk zijn. Nadat de pakketten zijn opgebouwd, worden ze geperst op een van de drie persen. Dit proces duurt tussen de 1,5 en 4,5 uur. Vervolgens gaan alle geperste laminaten naar de zaagafdeling. Hier worden de grove zijanten eraf gezaagd en wordt het materiaal eventueel nog in kleinere delen gezaagd. Laminaten van aramide en glasvezel worden vervolgens alleen visueel gecontroleerd, en vervolgens naar de klant verstuurd. Koolstoflaminaat wordt eerst nog bij de C-scan ultrasoon gecontroleerd op onder andere porositeit, vlekken, kreukels, dikte en scheuren. Alle afwijkingen worden met een stift gemarkeerd, zelfs wanneer de afwijking binnen alle gestelde specificaties valt. Dit wordt gedaan, omdat tenminste 94% van het oppervlak van het product goed moet zijn, en de klant op deze manier kan zien waar de afwijkingen zich bevinden. De markeringen kunnen door de klant gemakkelijk weer weggehaald worden.

Tijdens de verschillende productiefasen kunnen er gebreken ontstaan aan de (deel)producten. Er wordt in principe altijd een NCR ingevoerd wanneer een product niet geheel aan de vastgelegde eisen van de klant voldoet. Daarnaast voert men tegenwoordig vaker een NCR in wanneer een product niet aan eigen vastgelegde eisen voldoet. Door de eigen eisen strenger te maken dan de eisen van de klanten, wordt het mogelijk om afwijkingen in kaart te brengen die anders niet aan het licht zouden komen. Hierdoor kan er eerder ingegrepen worden als een proces niet goed verloopt en kan er wellicht voorkomen worden dat producten in het vervolg niet aan de eisen van de klanten voldoen.

2.2. Waarom worden er producten afgekeurd?

Uit de NCR-data blijkt dat er van januari 2015 tot september 2016 totaal 166 verschillende productafwijkingen zijn. In dit onderzoek zullen eerst de meest voorkomende afwijkingen besproken worden. In Appendix A is een lijst te vinden met de 25 meest voorkomende afwijkingen en de daarbij behorende kosten. Dit betreft dan 64% van de totale data en 463 meldingen. In dit onderdeel zullen de kosten telkens uitgedrukt worden als percentage van de totale kosten van afkeur. Later wordt er aan de hand van Pareto diagrammen meer ingegaan op de NCR's die voor de hoogste kosten zorgen. De kosten die hieronder benoemd worden, zijn afkomstig uit de NCR-database. Deze kosten bestaan slechts uit de kosten van afkeur. De indirecte kosten, zoals lagere inkomsten vanwege gegeven kortingen, verslechterde klantrelaties doordat klanten mindere kwaliteit producten ontvangen, en

de kosten van het afhandelen van een NCR worden niet meegenomen. De reden hiervoor is dat het niet mogelijk is om de gegevens van de verschillende kosten aan elkaar te koppelen.

De meest voorkomende afwijking is momenteel delaminatie (12%). Dit houdt in dat de verschillende lagen in het laminaat niet goed meer op elkaar gedrukt zitten, waardoor er ruimte tussen de lagen ontstaat. Veel producten die delaminatie vertonen, voldoen echter nog steeds aan de eisen, waardoor de totale kosten van deze afwijking meevallen. Toch is dit wel een aandachtspunt, aangezien er momenteel nog niet duidelijk is wat de oorzaak hiervan is en wat de precieze impact is op de kwaliteit van het product. Deze afwijkingen zorgen voor slechts 0,3% van de totale kosten van afkeur.

De volgende meest voorkomende afwijking (9%) bestaat uit vlekken op het geïmpregneerde weefsel of op het eindproduct. Deze vlekken leiden in ongeveer een kwart van de gevallen tot afkeur. Deze afwijking leidt tot 6,4% van de kosten.

Daarnaast komt het in 8% van de gevallen voor dat een weefsel of product buiten de gespecificeerde afmetingen valt. Dit kan onder andere komen door instellingen voor een ander product te gebruiken, of door zaagfouten. Wanneer dit bij een eindproduct het geval is, leidt dit vaak niet tot kosten. De klant accepteert het product namelijk wel, mits de afwijkingen duidelijk gecommuniceerd worden en er in bepaalde gevallen een prijsreductie gegeven wordt. Het weefsel kan buiten de specificaties vallen als het vanuit de leverancier verkeerd geleverd is. Deze afwijkingen zorgen voor 1,0% van de kosten. In dit percentage zijn echter de kortingen die aan de klant gegeven worden niet meegenomen.

Bij het laminaat kunnen er verder nog ultrasone defecten voorkomen. Er is dan sprake van porositeit binnenin het materiaal. Deze imperfecties worden wel gemeld, aangezien sommige klanten dit vereisen, maar leiden vaak niet tot kosten. Ultrasone defecten zorgen voor slechts 0,1% van de kosten van afkeur.

Producten die ergens in het proces te maken hebben met een machinestoring, leiden in de meeste gevallen tot afkeur. De producten kunnen afwijkingen vertonen zoals scheuren, deuken, vlekken, harsvrije plekken of andere afwijkingen. De kosten van deze categorie zijn erg hoog, namelijk 9,4% van de totale kosten van afkeur. Deze categorie omschrijft eerder een oorzaak dan een afwijking, maar volgens de NCR-data worden storingen gezien als afwijkingen.

Bij één soort laminaat kunnen er groeven aan het oppervlak ontstaan door de inzet van het materiaal Upilex. Deze groeven zorgen voor kleine dikteverschillen in het materiaal, waardoor de laminaten niet altijd aan de eisen van de klant voldoen. In nagenoeg alle gevallen kunnen ze met korting aangeboden worden aan een klant, waardoor de kosten van afkeur slechts ongeveer 0,3% zijn. Er worden echter wel inkomsten misgelopen, aangezien deze laminaten met een korting van gemiddeld 25% verkocht worden.

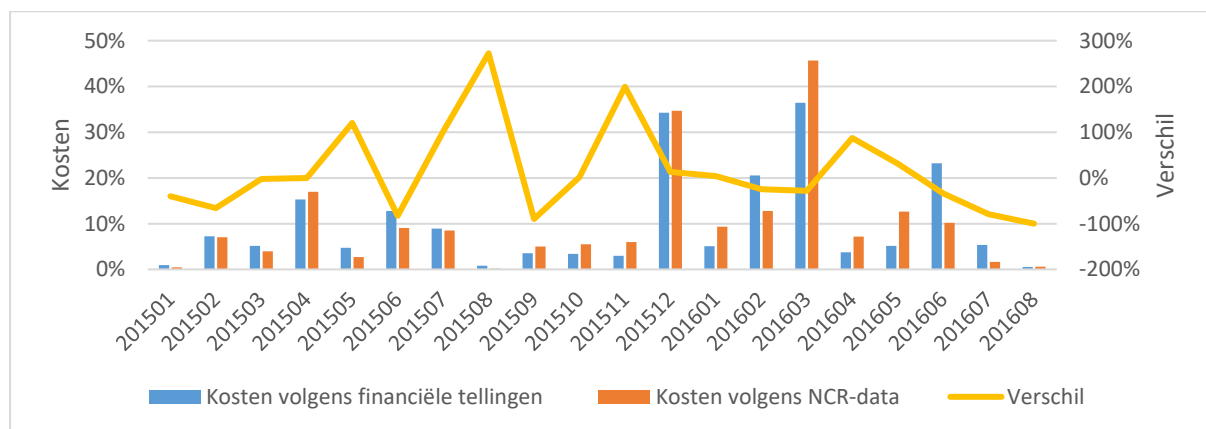
De composiet laminaten bestaan uit verschillende lagen materiaal. Niet altijd worden de pakketten op de juiste manier opgebouwd. In sommige gevallen worden er te veel of te weinig lagen gebruikt, soms worden de verkeerde materialen gebruikt, en in andere gevallen wordt het pakket niet nauwkeurig genoeg opgebouwd. In ongeveer de helft van de gevallen kan het laminaat als een ander product worden ingezet, bijvoorbeeld als er eenzelfde product met een laag meer of minder bestaat.

In de andere helft van de gevallen zorgen deze afwijkingen voor afkeur. De kosten hiervan bedragen 1,5% van de totale kosten van afkeur.

Een andere afwijking die relatief vaak voorkomt, is dat er banen te zien zijn op geïmpregneerd weefsel. Hierdoor is de kwaliteit minder, omdat de hars niet overal even goed gehecht is aan het materiaal. De afkeur hierdoor zorgt voor totale kosten van ongeveer 1,0%.

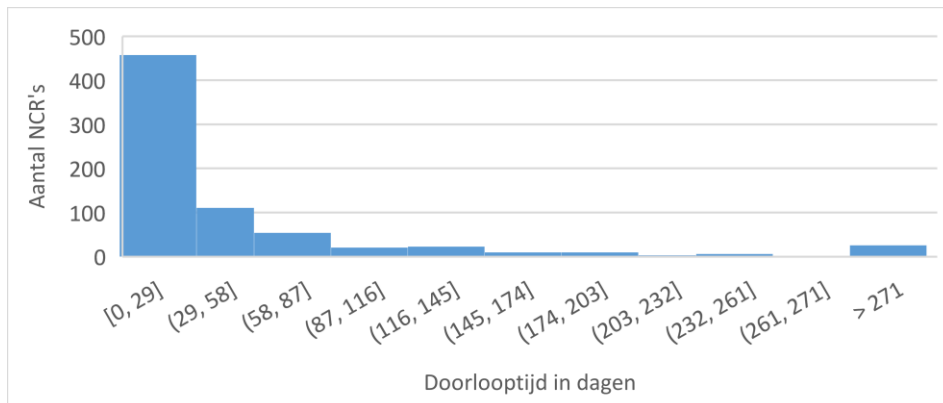
2.3. Wat de impact van productafwijkingen?

Om de kosten van afwijkingen uit de NCR-data te valideren, zijn deze uitgezet tegen de kosten die in de financiële tellingen staan. In Figuur 2-2 zijn de kosten per maand te zien volgens zowel de NCR-data als de financiële tellingen. In de kosten van afwijkingen uit financiële data zijn de misgelopen opbrengsten door kortingen niet verwerkt. Daarnaast is er een lijn weergegeven die het relatieve verschil laat zien van kosten uit de NCR-data ten opzichte van de financiële tellingen. Een deel van de verschillen in deze grafiek is te verklaren doordat bij de NCR-data de kosten in de maand verwerkt worden waarin de NCR is aangemaakt, terwijl in de financiële tellingen het moment van afboeken of omboeken gebruikt wordt. Dit laatste gebeurt pas wanneer er duidelijk is wat er met het afwijkende materiaal moet gebeuren. Hoewel de kosten in beide systemen per maand behoorlijk verschillen, valt het gemiddeld genomen redelijk mee. In totaal zijn de kosten in de NCR-data ongeveer 3,9% lager sinds 2015.



Figuur 2-2: De kosten uit de NCR-data vergeleken met de kosten uit financiële tellingen

Het verwerken van een NCR heeft niet de hoogste prioriteit bij TenCate, wat tot lange doorlooptijden kan leiden. In Figuur 2-3 is een histogram te zien met de doorlooptijden van NCR's. Het gemiddelde hiervan bedraagt ongeveer 45 dagen. Dit zorgt er mede voor dat het afboeken van producten of het omzetten van een volwaardig product naar een kortingsproduct niet in dezelfde maand gebeurt als in de maand waarin de fout is ontdekt.



Figuur 2-3: Histogram van de doorlooptijd in dagen van NCR's van januari 2015 t/m augustus 2016

Naast de kosten die gemaakt worden doordat producten worden afgekeurd, worden er ook indirecte kosten gemaakt, doordat er aan klant B kortingen gegeven worden wanneer er kleine afwijkingen zijn. Deze afspraak is alleen gemaakt met klant B. Bij de andere klanten worden de producten of alsnog voor de normale verkoopprijs verkocht, of het product wordt gezien als afkeur. In de NCR-database worden de kortingen echter niet vermeld. Uit interviews is gebleken dat de korting varieert tussen 10% en 50%, maar gemiddeld is de korting 25%. Er wordt echter niet bijgehouden voor welke prijs ieder individueel product wordt verkocht. Alle producten worden tezamen voor een bepaald bedrag verkocht. Daarnaast zijn de gerealiseerde verkoopprijzen niet beschikbaar gesteld voor dit onderzoek. In overleg met de plant manager kan als richtlijn van de gemaakte kosten hiervoor 35% van de kostprijs gerekend worden. In Tabel 2-1 zijn per NCR-omschrijving de gegeven kortingen gesommeerd en uitgedrukt in een percentage van de totale kosten uit de NCR-data. De kortingen zijn berekend door gebruik te maken van de NCR's van producten voor klant B waarbij geen kosten zijn ingevoerd. Vervolgens is de kostprijs toegevoegd, welke afkomstig is uit de financiële tellingen, en vermenigvuldigd met 35%. Hier is te zien dat er totaal nog ongeveer 11,6% aan kosten extra gemaakt worden door NCR's. In Appendix B is dezelfde tabel te vinden met de werkelijke kosten.

Tabel 2-1: Kosten afkomstig door gegeven kortingen aan bepaalde klanten

Omschrijving	Totaal gegeven korting
Laminaat - U.S. Defect(en)	3,1%
Laminaat - Groeven	2,5%
Laminaat - Pinholes	1,8%
Laminaat - Delaminatie	0,8%
Vezels - Losse	0,7%
Bruine rand(en)	0,5%
Storing	0,5%
Product - Afmeting buiten specificatie	0,4%
Deuk(en)	0,4%
Vlek(ken)	0,3%
Kwalificatie traject	0,3%
Kleur - Kleurverschil(len)	0,1%
Laminaat - Bruine randen	0,1%
Dubbelgevouwen laag	0,1%
Laminaat - Poreusiteiten	0,1%
Totaal	11,6%

Naast de gemaakte kosten hebben afwijkende producten ook invloed op de effectiviteit van het productieproces. Binnen TenCate maakt men momenteel gebruik van een vorm van de Overall Equipment Effectiveness (hierna 'OEE'), welke wekelijks wordt bijgewerkt. Dit gebeurt alleen voor de persafdeling, aangezien dat gezien wordt als de bottleneck van het proces. De OEE is een middel om de effectiviteit van een productie uit te rekenen (Slack, Brandon-Jones, & Johnston, 2013). De OEE is afhankelijk van 3 factoren, namelijk:

- De tijd die gebruikt wordt om te produceren ten opzichte van de totaal beschikbare tijd.
- De kwaliteit van de productie, dus het aandeel goede producten.
- De snelheid waarmee er geproduceerd wordt, ten opzichte van de (theoretisch) maximale snelheid waarmee geproduceerd kan worden.

Aangezien de informatie over de OEE beschikbaar in het boek Operations Management (Slack, Brandon-Jones, & Johnston, 2013) niet zeer uitgebreid is, wordt er ook gebruik gemaakt van informatie afkomstig van de website oee.com (Vorne, 2016). Via deze bron is meer informatie beschikbaar over de berekening van de OEE voor complexere productieprocessen.

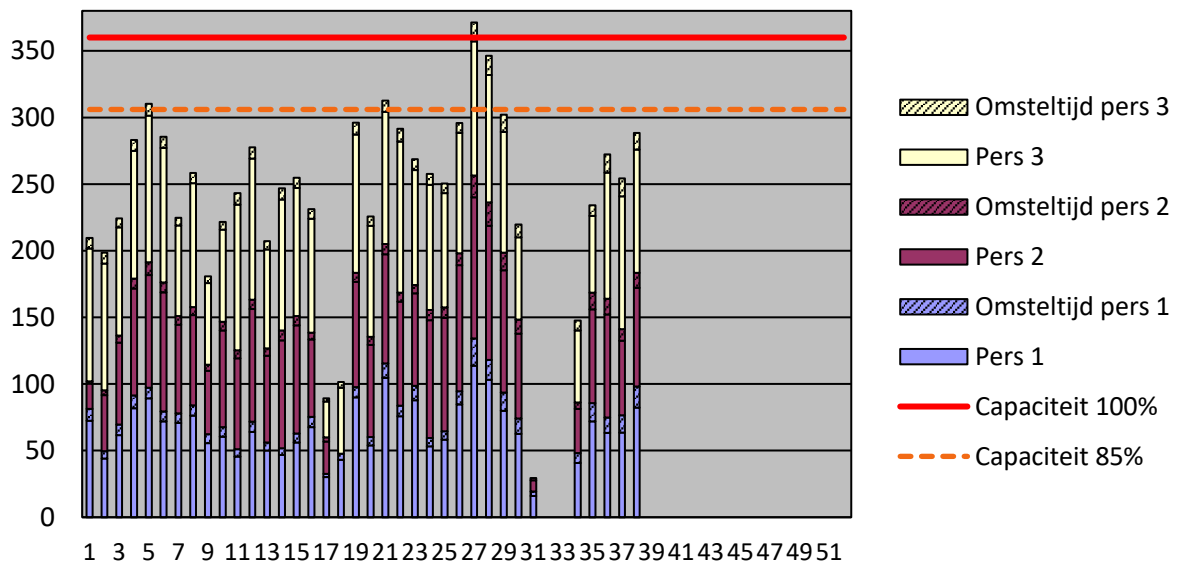
De berekening van de OEE van de pers bij TenCate wordt momenteel in Excel gedaan. In Tabel 2-2 zijn de gebruikte gegevens te zien van week 1 van de eerste pers.

Tabel 2-2: Gegevens voor de berekening van de OEE in week 1

Week	Week	Aantal persuren (uur)	Pers 1 Omsteltijd (uur)	Totaal beschikbare productietijd (uur)
1	1	72,5	8,75	120

De capaciteit is hier uitgedrukt in uren, omdat er veel verschillende soorten producten op dezelfde pers worden geproduceerd, met allemaal verschillende persduren. Daarnaast is de 100% capaciteit gebaseerd op een werkweek van 5 dagen van 24 uur. In Figuur 2-4 is te zien hoe de OEE, volgens TenCate, van de 3 persen is. De data zijn vanaf week 1 van 2016. In Figuur 2-4 wordt per pers ten eerste weergegeven hoeveel uren er geperst wordt per week, en ten tweede weergegeven hoeveel tijd er gebruikt is voor het omstellen van de persen. De omsteltijd bestaat uit de tijd die nodig is om de geperste laminaten uit de pers te halen, de tijd die nodig is om het nieuwe pakket in de pers klaar te zetten, en de tijd die nodig is om de pers juist in te stellen. In de huidige situatie zijn de persen niet altijd in gebruik, waardoor de OEE relatief laag is.

Overzicht persuren



Figuur 2-4: De Overall Equipment Effectiveness van pers 1, 2 en 3 gecombineerd

Aan de hand van Tabel 2-2 en Figuur 2-4 blijkt dat de berekening van de OEE niet in lijn is met de theorie over de OEE (Slack, Brandon-Jones, & Johnston, 2013). Volgens de theorie is de juiste berekening van de OEE, voor een eenvoudige situatie, als volgt:

$$\text{Beschikbaarheidsratio} = \frac{\text{werkelijke totale productietijd}}{\text{totaal beschikbare productietijd}}$$

$$\text{Performance ratio} = \frac{\text{Ideale productietijd per product} \times \text{totaal aantal producten}}{\text{werkelijke totale productietijd}}$$

$$\text{Kwaliteitsratio} = \frac{\text{Aantal goede producten}}{\text{totaal aantal producten}}$$

$$\text{OEE} = \text{beschikbaarheidsratio} \times \text{performance ratio} \times \text{kwaliteitsratio}$$

Allereerst wordt in deze berekening de omsteltijd eenvoudigweg bij de perstijd opgeteld, terwijl volgens de theorie de omsteltijd juist als factor in mindering gebracht moet worden om de beschikbaarheidsratio juist te berekenen. Hierdoor is de OEE volgens de berekening van TenCate aanzienlijk hoger dan dat het werkelijk is. Daarnaast wordt de stilstandtijd van de persen die veroorzaakt wordt door machinestoringen niet bijgehouden. In de toekomst wil men wel in het storingsformulier de stilstandtijd toevoegen. Wanneer dit gebeurt, kan deze ook worden toegevoegd aan de berekening van de OEE, zodat het een realistischer beeld geeft van de werkelijke effectiviteit.

Ten tweede wordt er geen rekening gehouden met de performance ratio. Hier is echter een geldige reden voor. Er is niet één ideale productietijd voor het persen van laminaat. Er zijn namelijk veel verschillende programma's welke in samenwerking met Boeing en Airbus zijn opgesteld. Deze programma's variëren tussen de 1,5 en 4,5 uur.

Als laatste wordt er in de berekening van TenCate geen rekening gehouden met het kwaliteitsverlies van de productie. Dit is een factor die wel van belang kan zijn wanneer de vraag naar laminaten toeneemt, aangezien door een mislukte persgang in het slechtste geval meer dan 4,5 uur aan productietijd verloren gaat. Het berekenen van het kwaliteitsverlies is echter vrij complex voor de pers. Dit komt ten eerste doordat er verschillende persduren zijn, en ten tweede doordat er meerdere (verschillende) producten tegelijk in één persgang kunnen worden geperst.

Het kwaliteitsverlies kan op verschillende manieren gemeten worden. In de eenvoudigste berekening wordt het aantal goede producten gedeeld door het totale aantal geproduceerde producten. Een berekening zoals deze is voor de pers niet mogelijk. Daarom wordt er gekeken naar het aantal persuren dat verloren gaat als resultaat van kwalitatief niet goede producten. De berekening hiervan wordt als volgt gedaan:

$$p = \text{product}$$

$$\text{Effectieve persduur per product} = EP_p = \frac{\text{totale duur van een persgang voor product } p}{\text{maximaal aantal producten } p \text{ in een persgang}}$$

$$n_p = \text{aantal afwijkende producten } p$$

$$\text{Kwaliteitsverlies} = \sum_p n_p \times EP_p$$

$$Kwaliteitsratio = \frac{kwaliteitsverlies}{totaal\ aantal\ persuren}$$

Aan de hand van deze berekeningen zijn in Tabel 2-3 de verschillende producten te zien waarbij afwijkingen voorkomen volgens de NCR-data.

Tabel 2-3: Kwaliteitsverlies en kwaliteitsratio per product van januari 2016 tot september 2016

Product	Totale aantal laminaten	Aantal afwijkingen n	Effectieve persduur (minuten)	Kwaliteitsverlies per product (minuten)	Kwaliteitsratio per product
Product A	110	7	23	162	93,6%
Product B	26	1	46	46	96,2%
Product C	127	4	46	185	96,9%
Product D	890	7	23	162	99,2%
Product E	1487	31	13	388	97,9%
Product F	1440	20	6	125	98,6%
Product G	212	2	14	28	99,1%
Product H	189	1	62	62	99,5%
Product I	232,39	2	14	28	99,1%

In totaal zijn er 9 verschillende producten waar afwijkingen voorkomen, welke veroorzaakt zijn door de persafdeling. Dit leidt in totaal tot een kwaliteitsverlies van 19:46 uur. In totaal zijn er, van januari 2016 tot september 2016, 324 verschillende soorten producten geproduceerd en hebben de persen tezamen 7092 uren geperst. Hierdoor komt de gemiddelde kwaliteitsratio van de persafdeling neer op 99,98%. Deze factor heeft dus slechts een zeer kleine invloed op de OEE.

Er zijn echter meer producten met afwijkingen dan degenen die in bovenstaande berekening zijn meegenomen. In de berekening zijn alleen de NCR's meegenomen, waarin staat dat de persafdeling voor de afwijking heeft gezorgd. Het kan echter voorkomen dat deelfabricaten in een eerder proces al een afwijking hebben, welke nog niet is ontdekt. Deze afwijkingen worden pas, na het persen, bij de C-scan ontdekt, waardoor de pers in principe meer producten heeft geperst die niet aan de eisen voldoen. Daarnaast worden bijvoorbeeld pinholes en ultrasone defecten niet voor alle klanten geregistreerd, waardoor de kwaliteitsratio ook wat hoger uitvalt. De meeste klanten accepteren namelijk wel producten met kleine afwijkingen, waardoor er geen NCR's voor uitgeschreven worden.

Hoewel de OEE over het algemeen een goede tool is om de effectiviteit van de productie te bepalen, is deze voor de persafdeling van TenCate niet goed geschikt. Allereerst is de OEE op de manier hoe TenCate deze momenteel hanteert geen OEE, aangezien een aantal belangrijke componenten van de berekening missen, zoals stilstandtijd door storingen, de kwaliteitsratio en de performance ratio. Ten tweede is de berekening van het kwaliteitsverlies zeer complex, doordat verschillende producten in één persgang tegelijk geperst kunnen worden en verschillende persduren kunnen hebben.

De berekening van de OEE volgens TenCate is daarentegen wel nuttig, aangezien het deels inzicht geeft in hoeveel producten er meer geproduceerd kunnen worden, bij een gelijkblijvend productieproces. Hierdoor kan er bepaald worden of bepaalde klantorders mogelijk zijn in een

bepaald tijdsbestek. Het is wel aan te bevelen om het document niet een OEE te noemen, aangezien er essentiële onderdelen van de berekening missen. Een betere benaming voor dit document is 'Bezettingsgraad Persen', aangezien het alleen gaat over het aantal uren dat er geperst wordt ten opzichte van het totale aantal beschikbare uren. Daarnaast is het raadzaam om de stilstandtijd door onderhoud en storingen bij te gaan houden en in het document te verwerken, zodat het beter inzicht geeft in de huidige maximale productiecapaciteit.

2.4. Wat zijn de oorzaken van afkeur?

In de voorgaande paragraaf zijn de meest voorkomende afwijkingen besproken. In deze paragraaf zullen voor een aantal van deze afwijkingen de oorzaken gegeven worden. Niet alle oorzaken zullen besproken worden, aangezien er oorzaken zijn die nauwelijks voorkomen, of weinig impact hebben.

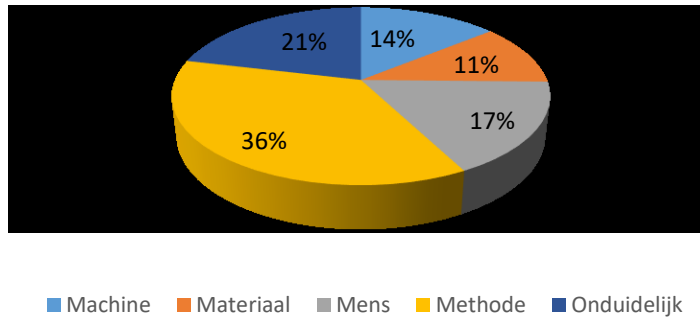
In de NCR-data wordt aangegeven wat voor soort fout het is en welke afdeling er verantwoordelijk voor is. Er zijn totaal 5 categorieën fouten, namelijk mens, machine, methode, materiaal en onduidelijk. De categorie 'mens' omvat alle fouten die veroorzaakt zijn door het niet juist opvolgen van werkwijzen of door onzorgvuldigheid. Binnen de categorie 'machine' behoren de NCR's die ontstaan zijn doordat de machine niet heeft gefunctioneerd zoals verwacht werd. NCR's in de categorie 'materiaal' omvat NCR's die veroorzaakt zijn door minder kwalitatief ingekocht materiaal. De categorie 'methode' omvat NCR's waarbij de werkwijzen goed opgevolgd zijn en de machines naar behoren hebben gewerkt, maar er toch een afwijking in het (deel)product zit. Dit omvat fouten waar in principe het proces niet goed is ingericht, waardoor fouten kunnen voorkomen. Wanneer helemaal niet duidelijk is wat de aard van de fout is, wordt er voor de categorie 'onduidelijk' gekozen. In Tabel 2-4 is voor iedere categorie een voorbeeld uit de NCR-data te vinden.

Tabel 2-4: Voorbeelden van de verschillende soorten fouten

Soort fout	Voorbeeld
Machine	Er zat een storing in de pers, veroorzaakt doordat de oliekoeler van binnenuit is doorgeroest.
Materiaal	De ingekochte koolstofgarans zijn ruwer dan normaal, waardoor het weefsel oneffenheden vertoont.
Mens	Tijdens het opbouwen van het laminaat is een laag met de kettingdraad naar boven gelegd, in plaats van met de inslagdraad.
Methode	Er zijn groeven zichtbaar in het laminaat, veroorzaakt door het gebruik van Upilex. Dit is een bekend risico van het gebruik van Upilex als lossingsmiddel.
Onduidelijk	Er is delaminatie van 25 mm gevonden. Het is onduidelijk hoe delaminatie ontstaat.

Door individuele gevallen te bekijken, blijkt echter dat de definities zoals hierboven besproken zijn, niet altijd juist worden opgevolgd. Dit heeft er voor een deel mee te maken dat NCR's door verschillende mensen worden ingevoerd. Doordat de aard van de fout niet altijd juist wordt ingevuld, zal er in de rest van het onderzoek niet op gefilterd worden. In Figuur 2-5 is te zien wat voor aandeel iedere categorie heeft, gekeken naar het aantal NCR's.

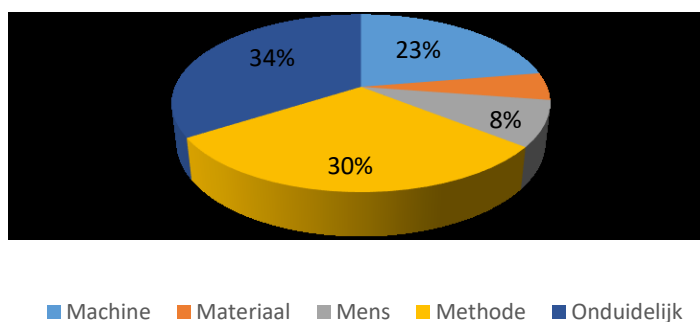
Categorie aantal



Figuur 2-5. Het percentage van het aantal NCR's per categorie sinds 2015

In Figuur 2-6 is te zien wat de totale kosten zijn afkomstig van de 5 verschillende categorieën. Hier valt op dat de kosten niet volledig samenhangen met het aantal NCR's. De categorieën 'machine' en 'onduidelijk' hebben relatief gezien de hoogste kosten per NCR. In de categorie 'machine' kan dit voor een groot deel verklaard worden, doordat bij machinale fouten doorgaans een gehele rol (geïmpregneerd) weefsel wordt afgekeurd, of doordat een gehele persgang verkeerd gaat, wat leidt tot de afkeur van meerdere laminaten tegelijk. De categorie 'onduidelijk' wordt verderop in dit hoofdstuk behandeld.

Categorie totale kosten



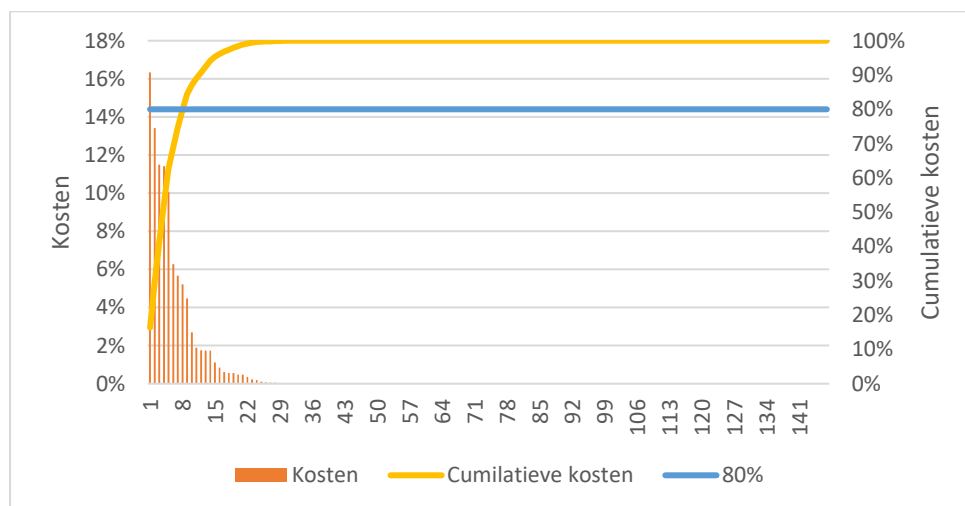
Figuur 2-6. De totale kosten per categorie sinds 2015

Naast de hierboven genoemde categorieën, wordt bij iedere NCR aangegeven welke afdeling verantwoordelijk is voor de afwijking. Er zijn totaal 29 afdelingen waaraan een NCR kan worden toegekend. In Tabel 2-5 is een overzicht te zien met het percentage van het totale aantal NCR's, de totale kosten en de gemiddelde kosten per NCR, per afdeling.

Tabel 2-5: NCR's gegroepeerd per verantwoordelijke afdeling

Afdeling	Afdeling aantal	Afdeling totale kosten
Persafdeling	24%	18,9%
Impregneerafdeling 1 (Oud)	17%	9,2%
Impregneerafdeling 2 (Nieuw)	14%	8,9%
Kalenderafdeling	6%	2,4%
Poedercoatafdeling	5%	5,5%
Weverij	5%	3,9%
Leverancier	4%	2,5%
QI - Quality Inspection	3%	0,2%
Engineering	1%	0,2%
Geen afdeling toegekend	17%	44,6%
Andere categorieën	5%	3,9%

In Tabel 2-5 is te zien dat de hoogste kosten (44,6%) veroorzaakt worden door de afdeling 'geen afdeling toegekend'. De NCR's hiervan verklaren 93% van de kosten van de categorie 'onduidelijk'. In Figuur 2-7 is een Pareto analyse gemaakt van de kosten van 'geen afdeling toegekend'. Hieruit blijkt dat 90% van de kosten veroorzaakt wordt door 7% van de meldingen. Vervolgens geeft Tabel 2-6 de 11 meldingen weer die verantwoordelijk zijn voor 90% van de kosten van 'Geen afdeling toegekend'.



Figuur 2-7: Pareto diagram van de NCR's waar geen afdeling is toegekend

Tabel 2-6: Kostenanalyse van 90% van de kosten waar geen afdeling is toegekend

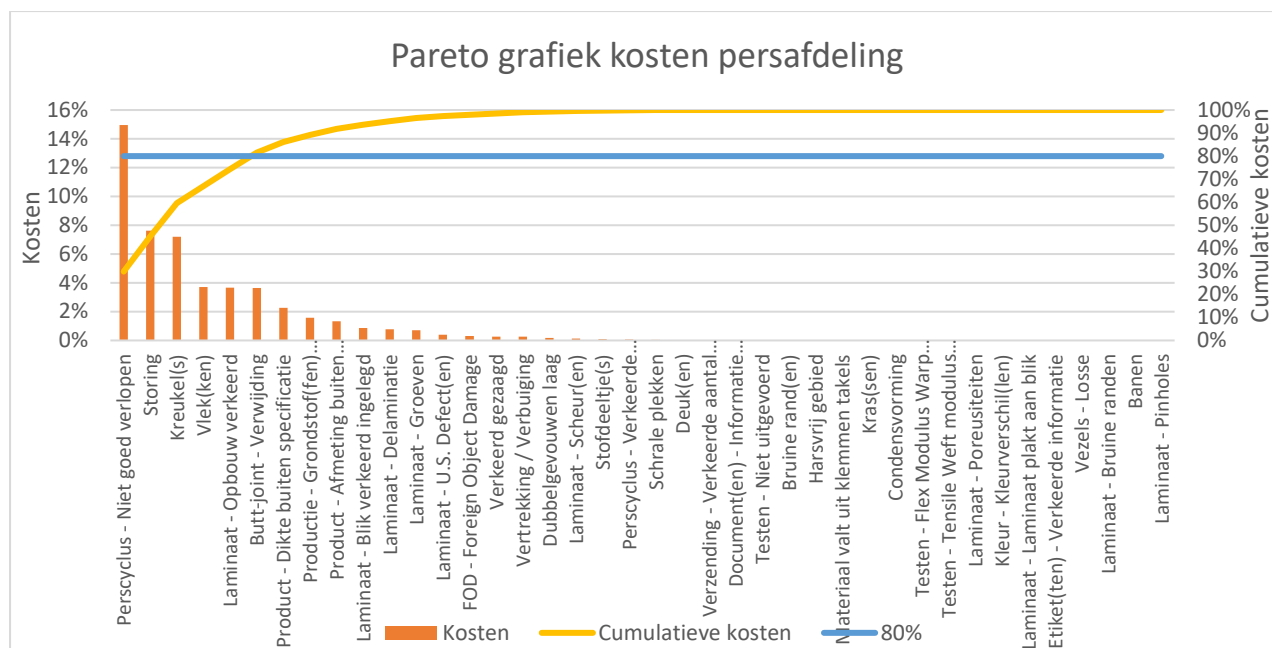
NCR	Kosten	Cumulatieve kosten	Werkelijke afdeling	Product
1	16%	16%	Impregneerafdeling (Nieuw)	Geïmpregneerd weefsel
2	14%	30%	Extern	Tapes
3	12%	41%	Impregneerafdeling (Nieuw)	Geïmpregneerd weefsel
4	11%	53%	Impregneerafdeling (Nieuw)	Geïmpregneerd weefsel
5	10%	63%	Extern	Tapes
6	6%	69%	Impregneerafdeling (Nieuw)	Geïmpregneerd weefsel
7	6%	75%	Extern	Tapes
8	5%	80%	Extern	Tapes
9	4%	84%	Extern	Tapes
10	3%	87%	Extern	Tapes
11	2%	89%	Impregneerafdeling (Nieuw)	Geïmpregneerd weefsel

Hoewel er aan de NCR's in Tabel 2-6 in principe geen afdeling is toegekend, blijkt dat er voor deze 11 NCR's bij nadere inspectie wel een verantwoordelijke afdeling duidelijk is. Daarom staat er een kolom toegevoegd met daarin de werkelijke afdeling die de afwijking heeft veroorzaakt. Daarnaast is er te zien op wat voor product de NCR betrekking heeft. De 11 NCR's met de hoogste kosten hebben betrekking op twee verschillende producten. Het ene product is geïmpregneerd weefsel voor klant A. Deze klant stelt strenge eisen aan het product, waar tot op heden niet altijd aan voldaan kan worden. Omdat het hier om volledige rollen materiaal gaat, zijn de kosten per NCR zeer hoog wanneer deze wordt afgekeurd. Deze afwijkingen worden veroorzaakt door de nieuwe impregneerafdeling. Het andere product betreft een bepaald soort tapes van laminaat. Deze tapes worden gemaakt van geïmpregneerd weefsel dat door een externe partij als laatste wordt verwerkt. TenCate neemt hier wel de verantwoording voor op, waardoor er ook NCR's voor uitgeschreven worden. Voor beide bovenstaande problemen zijn momenteel al twee grote onderzoeken aan de gang. Daarom zullen deze problemen buiten beschouwing blijven in dit onderzoek.

De andere afdelingen met veel NCR's en hoge kosten, zijn de persafdeling en de impregneerafdelingen 1 en 2. Vanwege de hoogste kosten en in overleg met TenCate is de rest van het onderzoek gericht op de afwijkingen afkomstig van de persafdeling.

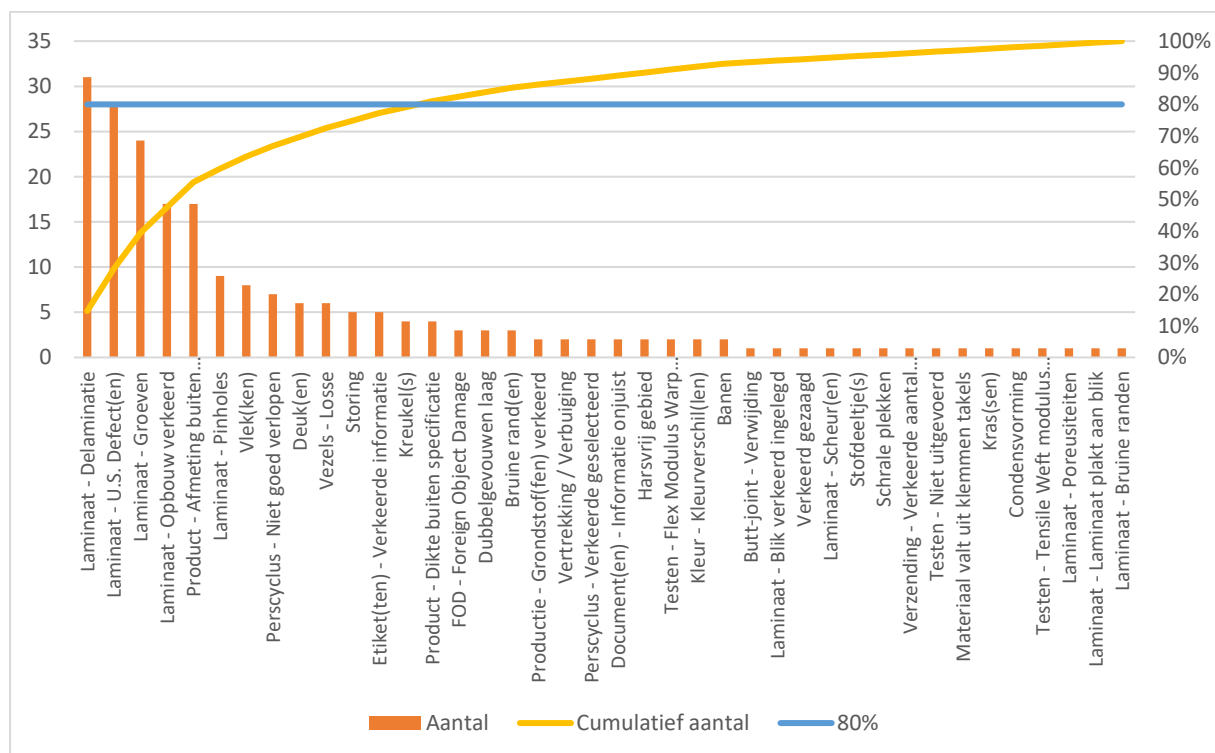
2.4.1. Afwijkingen en oorzaken persafdeling

Aangezien de oorzaken erg uiteenlopend zijn, is eerst een Pareto diagram gemaakt van de verschillende categorieën afwijkingen waarvoor de persafdeling verantwoordelijk is. In Figuur 2-8 is te zien dat slechts 6 categorieën zorgen voor ruim 80% van de kosten. Dit is 15% van de categorieën en betreft 20% van het aantal NCR's.



Figuur 2-8: Pareto diagram van de soorten productafwijkingen in relatie met de kosten

De kosten per NCR verschillen erg per categorie. Hierdoor geeft het Pareto diagram in Figuur 2-8 niet goed weer welke afwijkingen relatief het meest voorkomen. In Figuur 2-9 is te zien dat 14 categorieën (35%) zorgen voor 80% van het aantal NCR's.



Figuur 2-9: Pareto diagram van de soorten productafwijkingen in relatie met het aantal NCR's

De afwijkingen waarvan de oorzaak wordt onderzocht, zijn de meldingen die voor 80% van de kosten zorgen, met daarbij nog een aantal afwijkingen die veel indirecte kosten, zoals kortingen, met zich meebrengen. Door een filter toe te voegen aan de berekening van de kortingen uit paragraaf 2.3, kan er een schatting gemaakt worden van de indirecte kosten van andere afdelingen

In bijna alle gevallen zijn omschrijvingen in de NCR-database geformuleerd als afwijkingen, met uitzondering van de omschrijvingen 'Perscyclus – Niet goed verlopen' en 'Storing'. Deze omschrijvingen geven al globaal de oorzaak van de afwijking aan. Deze twee omschrijvingen leiden in bijna alle gevallen tot de afkeur van het materiaal, doordat het materiaal bijvoorbeeld te lang onder hoge druk of te hoge temperaturen heeft gelegen. Dit zorgt voor uiteenlopende afwijkingen die in bijna alle gevallen tot afkeur leiden, wat voor hoge kosten zorgt. In Tabel 2-7 zijn de belangrijkste problemen te zien. In Appendix C zijn de bijbehorende kosten te vinden.

Tabel 2-7: Belangrijkste problemen waarvoor de persafdeling verantwoordelijk is

Omschrijving	Aantal NCR's	Kosten t.o.v. totale kosten persafdeling
Perscyclus - Niet goed verlopen	7	19,6%
Storing	5	10,0%
Laminaat - U.S. Defect(en)	23	10,5%
Kreukel(s)	5	9,9%
Laminaat - Groeven	21	9,4%
Laminaat - Pinholes	8	6,1%
Vlek(ken)	7	4,9%
Laminaat - Opbouw verkeerd	17	4,8%
Butt-joint - Verwijding	1	4,8%

Het blijkt dat de omschrijvingen 'perscyclus – niet goed verlopen' en 'storingen' veel overlap hebben wat betreft oorzaken. Het verschil tussen deze twee categorieën is namelijk het moment waarop de fout ontdekt wordt. Een NCR valt binnen de categorie 'Storing' wanneer er tijdens het persen iets fout gaat, waardoor de cyclus gestopt wordt. Wanneer de fout pas achteraf zichtbaar is, aan de hand van bijvoorbeeld het persrapport of een visuele inspectie, valt de NCR binnen de categorie 'Perscyclus – niet goed doorlopen'. Voor deze twee categorieën zijn de oorzaken:

- Storingen in de computer
- Ketelstoringen
- Perscycli die verkeerd gestart zijn
- Diverse andere machineonderdelen die defect zijn

Voorafgaand aan het onderzoek werd er gevraagd om uit te zoeken of er een relatie is tussen het (preventieve) onderhoud en de afkeur van producten. Er zijn totaal 13 (belangrijke) NCR's die veroorzaakt zijn door machinale fouten. Van deze machinale fouten zijn er 9 verschillende oorzaken, waarbij het in 3 gevallen niet duidelijk is wat de oorzaak was. Al deze fouten zijn bij nadere inspectie

niet te koppelen aan het onderhoud van de machines. Aan de hand hiervan blijkt het dat er momenteel geen duidelijke relatie is tussen het (preventieve) onderhoud van de persen en de afkeur van producten.

De NCR's in de categorie 'Laminaat – U.S. Defect(en)' bevatten ultrasone afwijkingen. Deze categorie omvat alleen koolstofproducten, aangezien dat de enige producten zijn die bij de C-scan ultrasoon gecontroleerd worden op afwijkingen. Ultrasone afwijkingen zijn voornamelijk poreusheden in het materiaal, kleine gaatjes (genaamd pinholes) en bruine gebieden aan de rand van het materiaal. Hoewel er een aparte categorie voor pinholes is, blijken de NCR's in de categorie 'Laminaat – U.S. Defect(en)' in een kwart van de gevallen over pinholes te gaan. Deze categorieën zouden dus samengenomen kunnen worden. Deze ultrasone defecten worden in alle gevallen veroorzaakt doordat er minder druk in de hoeken van de persen is. Dit kan komen doordat de isolatieplaten in de pers eerder beginnen te slijten aan de zijkanten, wat ervoor zorgt dat er op die plekken minder druk uitgeoefend kan worden op het laminaat.

Laminaten met kreukels worden veroorzaakt door teflonlagen die te oud zijn, waardoor er oneffenheden en kreukels in het laminaat terechtkomen. Teflonlagen worden doorgaans ongeveer 10 keer gebruikt, maar soms aanzienlijk langer of korter. Het aantal keer dat een teflonlaag gebruikt is, wordt niet bijgehouden. Er wordt door operators na het zagen of tijdens het opbouwen visueel bepaald of de lagen teflon nog goed genoeg zijn. Kleine kreukels of oneffenheden in het teflon kunnen al grote gevolgen hebben in het eindproduct.

Bij een aantal soorten koolstoflaminaat wordt er een dunne laag Upilex als lossingsmiddel gebruikt. Dit zorgt ervoor dat het laminaat niet aan de metalen blikken eromheen blijft plakken, en dat het koolstoflaminaat een egaal vlak oppervlak krijgt. Een risico van het gebruik van Upilex is dat het af en toe kan voorkomen dat de laag Upilex tijdens het persen kreukelt. Dit is direct terug te zien in het eindproduct. Een aantal klanten eist dan een korting of weigert het materiaal. Het gebruik van Upilex is onderdeel van de productspecificaties van bepaalde producten, waardoor dit niet zomaar veranderd kan worden.

De categorie 'Vlekken' wordt onder andere veroorzaakt doordat er losse koolstofvezels of andere kleine stofjes op het materiaal lagen en vervolgens zijn geperst in het laminaat. Dit kan bijvoorbeeld komen doordat er niet goed opgelet wordt tijdens het opbouwen van het materiaal. Verder kunnen vlekken of banen in het laminaat komen, doordat bijvoorbeeld het lossingsmiddel op de metalen blikken niet gelijkmatig is aangebracht, of doordat de kwaliteit van het lossingsmiddel minder goed is. Tegenwoordig wordt het lossingsmiddel op een andere manier aangebracht, waardoor het niet meer een relevant probleem is.

Het opbouwen van de laminaten gebeurt volledig handmatig in 5 verschillende opbouwruimten. Bij het opbouwen van koolstoflaminaten wordt er gebruik gemaakt van computerschermen die weergeven hoe iedere laag opgebouwd moet worden. Hier wordt onder andere weergegeven welk materiaal gebruikt moet worden, hoe om het materiaal moet liggen, en of het materiaal recht of onder een hoek van 45° moet liggen. Na iedere laag moeten de rollen weefsel gescand worden en wordt op het computerscherm de volgende stap weergegeven. Voor het opbouwen van zowel glas- als aramidelaminaten wordt er geen gebruik gemaakt van computerschermen die weergeven hoe iedere laag opgebouwd moet worden. Hier moet men gebruik maken van pakbonnen waarop alle instructies voor het opbouwen van het pakket staan. Het blijkt dat de computerschermen wel ervoor

zorgden dat er minder fouten gemaakt worden dan bij de andere pakketten, maar nog niet alle fouten worden hierdoor voorkomen. Redenen hiervoor zijn onder andere onoplettendheid door gebrek aan concentratie en het niet goed volgen van de opbouwtekeningen.

2.5. Conclusie

In dit hoofdstuk zijn deelvragen beantwoord, zodat er antwoord gegeven kan worden op de vraag 'Wat is de huidige situatie?'. In de huidige situatie worden 3 groepen laminaten geproduceerd, namelijk koolstof-, glas- en aramidelaminaten. Tijdens het productieproces hiervan kan op verschillende momenten iets fout gaan, wat kan leiden tot productafwijkingen. Hier wordt dan een NCR voor ingevoerd, met informatie over de soort afwijking, de mogelijke oorzaak en eventuele acties om die fout te voorkomen in de toekomst. Deze productafwijkingen leiden in veel gevallen tot de afkeur van het product, maar kunnen ook leiden tot het verstrekken van kortingen aan klanten. De totale kosten van afwijkingen van januari 2015 tot september 2016 zijn in werkelijkheid 11,6% hoger dan wat uit de NCR-data blijkt, doordat er in bepaalde gevallen kortingen zijn gegeven voor producten met afwijkingen, welke niet zijn geregistreerd in de NCR-database. Deze kortingen worden niet ingevoerd bij een NCR, omdat enerzijds de producten pas maanden later verkocht worden, en anderzijds de exacte korting per laminaat niet bijgehouden wordt. Er wordt namelijk één totaalprijs afgesproken voor een groot aantal producten met afwijkingen die bestemd zijn voor klant B. Klant B is tevens de enige klant die standaard in aanmerking komt voor kortingen. Daarnaast hebben afwijkingen een negatieve invloed op de effectiviteit van de productie, doordat het aandeel goede producten afneemt. Ook kan het mislukken van een persgang tot bijna 5 uur verloren productietijd leiden. Momenteel gebruikt TenCate een versie van de OEE die niet in lijn is met de theorie erover, aangezien stilstandtijd, storingen en kwaliteitsverlies niet meegenomen worden in de berekening. Daarnaast is de OEE niet de meest geschikte tool om te berekenen hoe effectief de persen zijn, vanwege het feit dat er veel verschillende producten zijn, waarvan een groot deel ook tegelijk geperst kan worden. Ook zijn niet alle benodigde data beschikbaar. Om beter inzicht te geven in de huidige en maximale productiecapaciteit, is het aan te raden om in ieder geval de stilstandtijd door storingen en onderhoud toe te voegen.

De meest voorkomende afwijkingen, van alle afdelingen tezamen, zijn delaminatie, vlekken, verkeerde afmetingen en ultrasone defecten. De categorieën fouten 'machine' en 'onduidelijk' hebben relatief de hoogste kosten. Bij machinale fouten komt dit, doordat bijvoorbeeld een hele rol weefsel afgekeurd wordt, of doordat een hele persgang mislukt. Fouten in de categorie 'onduidelijk' vallen in veel gevallen samen met NCR's die betrekking hebben op tapes die extern geproduceerd worden, of hebben te maken met de geïmpregneerde weefsels voor klant A. Voor beide problemen zijn al grote onderzoeken gestart. De afdelingen met de meeste NCR's en de hoogste kosten zijn de persafdeling, de impregneerafdelingen 1 en 2, en 'geen afdeling toegekend'. De laatste categorie bestaat bijna in het geheel uit NCR's die te maken hebben met de tapes of de geïmpregneerde weefsels voor klant A, waardoor deze categorie buiten beschouwing van dit onderzoek valt. Uit overleg met het Hoofd Technische Dienst en vanwege de hoogste kosten bij de persafdeling, richt de rest van dit onderzoek zich op de persafdeling.

Uit Pareto analyses van de NCR's binnen deze afdeling, gecombineerd met berekeningen van de kosten van kortingen, blijkt dat storingen bij de pers voor de hoogste kosten zorgen. De storingen worden veroorzaakt door verschillende defecte machineonderdelen van de pers, doordat de ketel de olie niet goed op temperatuur kon brengen, of doordat de pers verkeerd ingesteld is door

operators. Ultrasonische defecten, waaronder oneffenheden, bruine randen en pinholes, komen relatief het vaakst voor bij de persafdeling en zorgen voor hoge kosten vanwege de kortingen die gegeven worden aan klant B. Ultrasonische defecten worden veroorzaakt doordat tijdens het persen de druk niet overal gelijk is. Dit komt onder andere doordat de isolatieplaten om de pers na verloop van tijd slijten aan de zijkanten, waardoor de druk daar afneemt. Verder worden kreukels veroorzaakt door het gebruik van verouderd teflon, en groeven in koolstoflaminaat ontstaan door het gebruik van Upilex als lossingsmiddel. Daarnaast kunnen er vlekken ontstaan doordat er tijdens het opbouwen koolstofdeeltjes tussen het materiaal komen, of doordat een lossingsmiddel ongelijkmatig is aangebracht op de metalen platen om het laminaat heen. Als laatste leiden opbouwfouten tot afwijkingen, doordat er lagen te veel of te weinig op het materiaal gelegd worden, het verkeerde materiaal wordt gebruikt, of doordat een laag materiaal verkeerd wordt neergelegd. Naast deze redenen voor afwijkingen, komen er tal van andere oorzaken voor afwijkingen voor welke buiten beschouwing van dit onderzoek vallen, omdat ze relatief gezien weinig impact hebben wat betreft kosten of aantal.

Hoofdstuk 3. Mogelijke oplossingen

In het vorige hoofdstuk is beantwoord wat de huidige situatie is wat betreft afwijkingen en afkeur binnen Advanced Composites. In dit hoofdstuk zullen er voor de belangrijkste oorzaken van afwijkingen, veroorzaakt door de persafdeling, oplossing omschreven worden. Daarbij zal er beschreven worden welke stappen er nog nodig zijn om de oplossing te implementeren. Omdat er gebruik gemaakt wordt van vertrouwelijke informatie, worden alle kosten vermenigvuldigd met een niet vermelde factor. Hierdoor bedragen de kosten van afwijkingen bij de persafdeling totaal €300.000.

3.1. Welke oorzaken van afwijkingen worden verder uitgewerkt?

In hoofdstuk 2 zijn de belangrijkste oorzaken voor afwijkingen duidelijk geworden. Om te bepalen voor welke oorzaken een oplossing wordt beschreven, zijn de belangrijkste oorzaken in Tabel 3-1 weergegeven. In deze tabel staat enerzijds de impact die de verschillende problemen hebben, en anderzijds is de oplosbaarheid weergegeven. De oplosbaarheid bestaat uit een combinatie van de beschikbaarheid van de benodigde data, de grootte van het benodigde onderzoek, de vereiste investeringen, en de betrokkenheid van klanten. De classificatie van de verschillende problemen is tot stand gekomen in samenwerking met de Consolidatie Manager en het Hoofd Technische Dienst. Voor de classificatie is de impact bepaald door de hoogte van de kosten van afwijkingen, en de oplosbaarheid is gevoelsmatig bepaald.

In Tabel 3-1 is te zien dat er 3 problemen zijn die relatief eenvoudig op te lossen zijn, maar relatief weinig impact hebben. Voor het verkeerd opbouwen van laminaten en voor de kreukels die veroorzaakt worden door verouderd teflon zullen in ieder geval behandeld worden in dit hoofdstuk. De vlekken die veroorzaakt zijn door het gebruik van een bepaald lossingsmiddel, zullen niet behandeld worden. Het lossingsmiddel dat tot vlekken leidde, wordt namelijk niet meer gebruikt, waardoor deze afwijkingen niet meer voorkomen. Verder is er geen probleem dat een hoge impact heeft en eenvoudig is om op te lossen, terwijl dit juist de voorkeurscategorie is. De reden dat er geen problemen in deze categorie staan, is omdat deze problemen al zijn opgelost door de proces engineers. De problemen die de meeste aandacht vereisen, zijn het drukverlies aan de zijkanten en in de hoeken van de pers, en de verschillende machinestoringen. Aangezien de machinestoringen zeer uiteenlopend en vooral incidenteel zijn, zullen deze niet behandeld worden in de rest van het onderzoek. Het drukverlies zal wel verder behandeld worden. Voor de problemen in de laatste categorie, lage impact en lastig op te lossen, zullen geen oplossingen aangedragen worden.

Tabel 3-1: Een kruistabel van de belangrijkste oorzaken van afwijkingen en de mate waarin het op te lossen is

Hoge impact	• -	• Verschillende machinestoringen • Drukverlies aan de zijkanten en in de hoeken
Lage impact	• Opbouw verkeerd • Kreukels door het inzetten van verouderd teflon • Vlekken door ander lossingsmiddel	• Groeven door het gebruik van Upilex • Vlekken door losse koolstofvezels
	Eenvoudig op te lossen	Lastig op te lossen

3.2. Hoe kunnen de problemen opgelost worden?

In dit deel worden er verschillende oplossingen aangedragen voor de problemen die uit de vorige paragraaf zijn gekomen. Er wordt hierbij uitgelegd of de oplossing geschikt is, wat voor besparing de oplossing oplevert en hoe deze geïmplementeerd kan worden. De mogelijke oplossingen zijn gepresenteerd aan en besproken met het Hoofd Technische Dienst, de Consolidatie Manager en Process Engineers.

3.2.1. Hoe kan ervoor gezorgd worden dat het opbouwen van laminaten niet fout gaat?

De kosten door het verkeerd opbouwen van laminaten tussen januari 2015 en september 2016 bedragen €14.410. Opbouwfouten hebben verschillende oorzaken. Ten eerste kunnen opbouwfouten ontstaan doordat er onzorgvuldig gewerkt wordt, terwijl bij sommige materialen het juist van belang is om er zorgvuldig mee om te gaan. Hierdoor kunnen er kreukels in het materiaal komen, wat vervolgens terug te zien is in het eindproduct. Ten tweede kan het voorkomen dat er niet goed opgelet wordt, waardoor er bijvoorbeeld een laag materiaal te veel of te weinig op gelegd wordt. Bij sommige producten leidt dit niet tot kosten, aangezien het laminaat dan als een ander product verkocht kan worden. Onoplettendheid kan tevens resulteren in lagen die verkeerd om worden neergelegd. Onoplettendheid en onzorgvuldigheid kunnen komen doordat de concentratie minder is, doordat operators niet goed zijn ingewerkt, of doordat de handelingen systematisch niet goed zijn.

In augustus 2016 zijn er opnamen gemaakt van het opbouwen van de pakketten. Deze opnames zijn vervolgens in september getoond aan de operators van de verschillende ploegen. Het doel van deze opnames was ervoor zorgen dat de operators zich bewust werden van hun eigen handelingen en dat ze na gingen denken over de beste werkwijzen. Hieruit is gebleken dat er meerdere operators systematisch verkeerde handelingen uitvoerden, zonder dat ze dat zelf door hadden. Dit heeft ervoor gezorgd dat men beter is gaan nadenken over de verschillende handelingen. Uit de NCR-data blijkt dat sinds de opnamen bekeken en besproken zijn door de operators, geen enkel product meer

verkeerd is opgebouwd, terwijl het in de anderhalf jaar ervoor gemiddeld één keer per maand voorkwam. Hierdoor is het niet nodig om nog andere veranderingen door te voeren bij het opbouwen van pakketten.

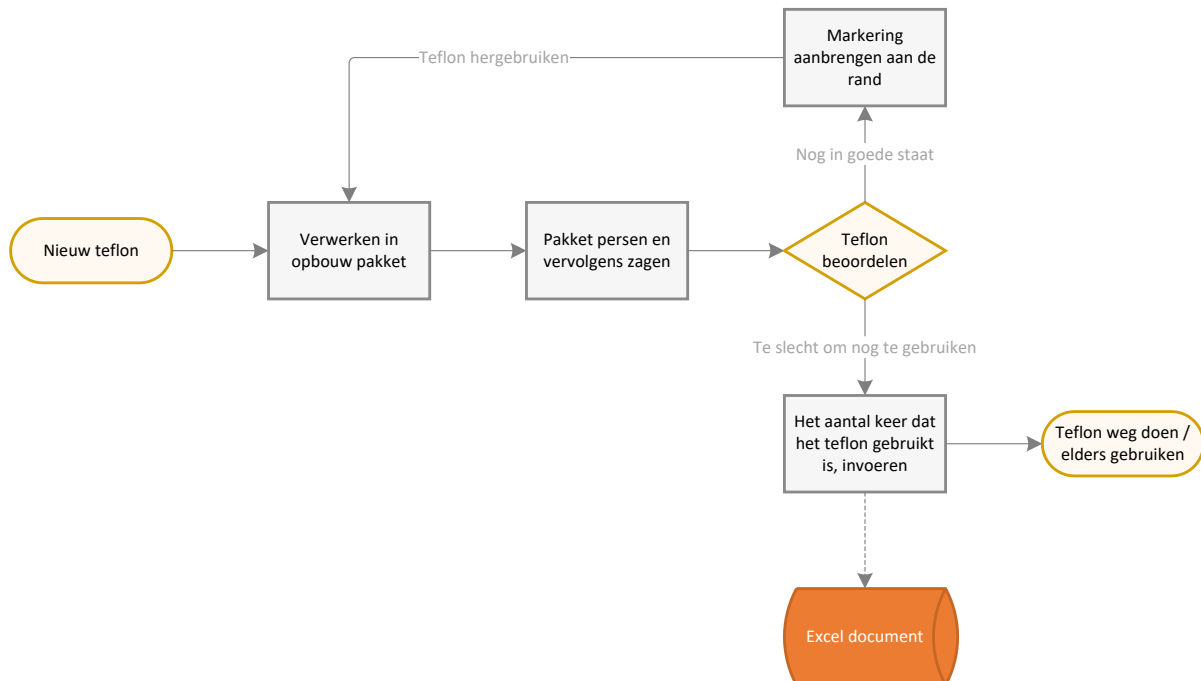
Wanneer opbouwfouten volledig worden voorkomen in 2017, zullen naar verwachting de kosten van afkeur hierdoor dalen met ongeveer €8.700 en zullen er 10 NCR's minder zijn. Om dit te kunnen bereiken, is het wel aan te raden om over een aantal maanden nog een bespreking te doen met de operators, aan de hand van de eerder bekeken videobeelden en de nieuwe werkwijzen.

3.2.2. Hoe kunnen kreukels voorkomen worden?

Bij het produceren van veel soorten laminaat wordt er een laag teflon aan de onder- of bovenkant gelegd om ervoor te zorgen dat het laminaat aan één kant een ruw oppervlak krijgt. Het teflon wordt na afloop van het persen van het laminaat afgehaald, en vervolgens visueel geïnspecteerd. Er wordt dan gevoelsmatig bepaald of het teflon nog goed genoeg is om voor een nieuw laminaat te gebruiken. Dit wordt gedaan door te kijken of er kleine kreukels, beschadigingen of andere oneffenheden aan het oppervlak te zien zijn. Wanneer er nagenoeg geen oneffenheden zijn, wordt deze rol weer klaargelegd voor de productie van nieuwe laminaten. Het gebeurt echter dat oneffenheden tijdens deze inspectie, en tevens tijdens de inspectie voor het opbouwen van het laminaat, onopgemerkt blijven. Wanneer de oneffenheden te groot zijn, is dit direct terug te zien in de kwaliteit van het laminaat. Als dit het geval is, wordt het teflon vervolgens niet meer gebruikt om onder of boven het materiaal te leggen. Ook komt het zo nu en dan voor dat er een inschattingsfout gemaakt wordt bij de inspectie. Er wordt dan wel gezien dat er een paar oneffenheden in het teflon zitten, maar er wordt vervolgens gedacht dat het nog wel goed genoeg is voor verder gebruik, wat niet zo blijkt te zijn. Zoals eerder ook beschreven is, wordt er niet bijgehouden hoe vaak de teflonlagen worden gebruikt, voordat ze niet meer goed genoeg zijn.

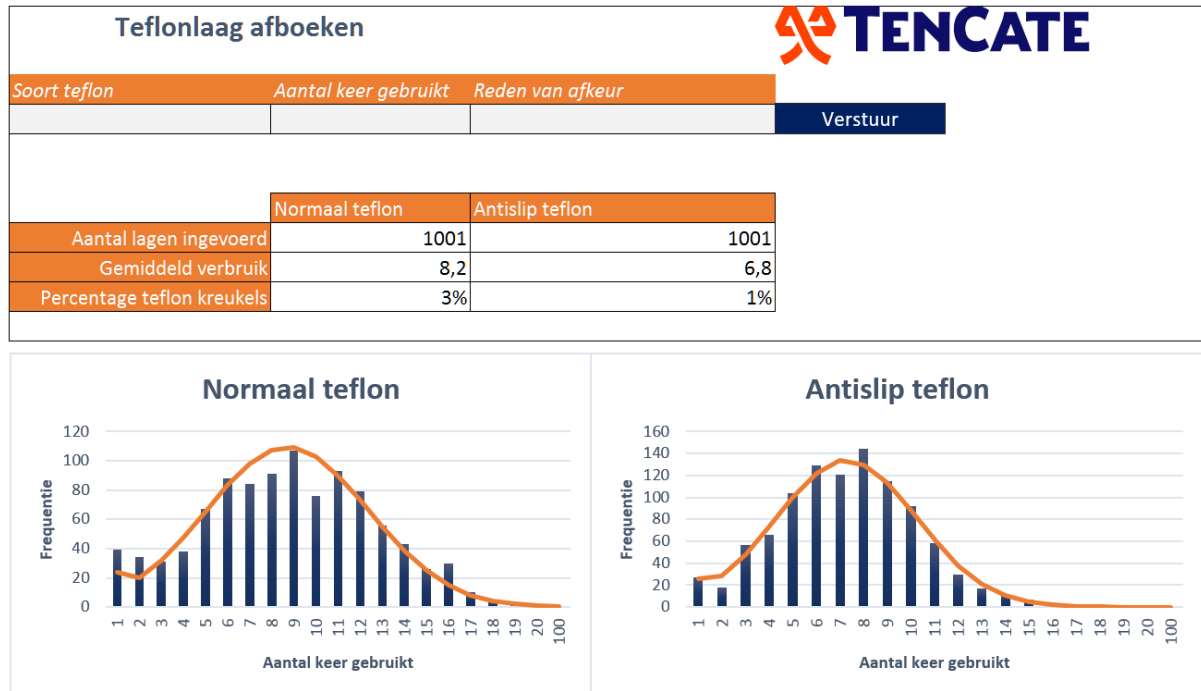
Om kreukels in het laminaat te voorkomen, is het een mogelijkheid om de teflonlagen eerder te vervangen. Dit kan enerzijds gedaan worden door de operators te instrueren om tijdens de visuele inspectie al bij lichte twijfel over de kwaliteit te bepalen dat de teflonlagen niet meer gebruikt mogen worden. Anderzijds kan dit gedaan worden door de teflonlagen na een bepaald aantal keer preventief te vervangen. Aangezien teflon vrij duur is, is het aan te bevelen om het optimale aantal keer te bepalen aan de hand van statistiek.

Hiervoor is het noodzakelijk om bij te houden hoe vaak de teflonlagen gebruikt zijn. Dit kan bijvoorbeeld gedaan worden door aan de zijkant van de teflonlaag met een stift na ieder gebruik een streep zetten. Het teflon wordt namelijk ruim over (of onder) de lagen weefsel gelegd, waardoor een markering aan de rand van de teflonlaag geen invloed heeft op het product. Door vervolgens de markeringen te tellen, kan er bijgehouden worden na hoeveel keer persen het teflon niet meer geschikt is voor verder gebruik. Wanneer het teflon niet meer geschikt is, moet in een bepaald Excel document worden neergezet hoeveel persgangen het teflon gebruikt is. Daarnaast moet er aangegeven worden of het tot teflonkreukels heeft geleid. Wanneer dit consistent gebeurt, kan er na een aantal maanden bepaald worden of het rendabel is om teflon preventief te vervangen. In Figuur 3-1 is schematisch weergegeven hoe dit systeem kan werken.



Figuur 3-1: Flowchart voor het registreren van het verbruik van teflon

In Figuur 3-2 is te zien hoe het dashboard van het Excel document eruitziet. In dit dashboard zijn 3 invoervelden waar aangegeven kan worden wat voor soort teflon het is, hoe vaak de teflonlaag is meegegaan en wat de reden van het afboeken is. Door middel van de 'Verstuur' knop worden deze gegevens, tezamen met de huidige datum, naar een andere sheet verstuurd. Op deze manier kost het afboeken van een teflonlaag niet te veel moeite. Het dashboard geeft dan direct weer hoeveel teflonlagen er zijn afgeboekt, wat het gemiddelde aantal keer is dat de lagen gebruikt worden, en het totaal aantal producten met teflonkreukels. Daarnaast worden er automatisch twee histogrammen bijgewerkt en worden er lijnen weergegeven die een normaalverdeling volgen aan de hand van de gemiddelden en standaardafwijkingen van de data.



Figuur 3-2: Afdruk van het dashboard van het afboeken van teflon, ingevoerd met dummy data

Wanneer er genoeg data verzameld zijn op bovenstaande manier, kan er bepaald worden of het aantal keer persen bepalend is voor de kwaliteit van het teflon, en als dit het geval blijkt te zijn kan ervoor gekozen worden om de teflonlagen na een gegeven aantal keer preventief te vervangen.

Aangezien er niet bijgehouden wordt hoe vaak de teflonlagen gebruikt worden, kan er nu slechts een schatting van het gemiddeld verbruik van teflon gemaakt worden. Hiervoor zijn de volgende gegevens uit 2016 gebruikt:

- Het aantal geproduceerde producten;
- De stamkaarten per product, om te achterhalen hoeveel teflon en wat voor teflon er is gebruikt per product;
- De afmetingen per product, om te bepalen hoeveel producten uit een compleet laminaat gemaakt worden. Kleinere producten worden namelijk uit volledige laminaten gezaagd;
- De inkoopgeschiedenis, om te achterhalen hoeveel teflon en antislip teflon er is gekocht.

De resultaten van het combineren van deze data, zijn te zien in Tabel 3-2. Het blijkt dat in 2016 het normale teflon en het antislip teflon respectievelijk gemiddeld 8,2 en 6,7 keer gebruikt worden.

Tabel 3-2: Huidige kosten van het gebruik van teflon

	Teflon	Antislip teflon
Aantal gebruikte lagen	8504	202
Aantal gekochte lagen	1035	30
Gemiddeld verbruik teflon	8,22	6,73
Kosten per laag	€ 190,25	€ 417,35

Om te bepalen of een verandering daadwerkelijk kosten bespaart, kan formule 1 gebruikt worden. Dit is een algemene formule waarmee de netto besparing per jaar uitgerekend kan worden, aan de hand van de extra kosten van veranderingen en de mogelijke vermindering van afwijkingen die daarbij hoort. Deze formule is tot stand gekomen door eerst de netto besparing voor één bepaalde verandering uit te rekenen, en vervolgens de berekening abstract te maken.

Aangezien het berekenen van de vermindering op afwijkingen, $r(d)$, voor mij niet mogelijk is, zal er gewerkt worden met tabellen waarin de netto besparingen te zien zijn bij verschillende mogelijke afnames van afwijkingen.

$c_o(d)$ = Extra kosten (t. o. v. de huidige situatie) per jaar bij verandering d

c_{NCR} = Verwachte NCR kosten per jaar

$r(d)$ = Mogelijke vermindering op afwijkingen (%) bij verandering d

$$\text{Netto besparing per jaar} = c_{NCR} \cdot r(d) - c_o(d) \quad (1)$$

Op dit moment zorgen kreukels voor €29.829 aan kosten. Dit komt neer op ongeveer €17.900 per jaar. Ervan uitgaande dat de productie in 2017 gelijk is aan die in 2016, worden er 8504 teflon lagen gebruikt tijdens het persen, waardoor er totaal €196.822 uitgegeven is aan teflon. Deze kosten worden financieel gezien als verbruikskosten als onderdeel van de productie van laminaten. Voor het berekenen van de netto besparing van het preventief vervangen van teflon kan dan de volgende formule gebruikt worden:

$$\begin{aligned} \text{Netto besparing per jaar} &= 17900 \cdot r(d) - \frac{8504}{d} \cdot 190,25 + 196822 \\ &= 17900 \cdot r(d) - \frac{1022762}{d} + 196822 \end{aligned} \quad (2)$$

In deze formule is 'd' het aantal keer dat een teflonlaag gemiddeld gebruikt wordt. Het aantal vereiste teflonlagen wordt gedeeld door het gemiddeld aantal keer dat een teflonlaag gebruikt wordt, en vervolgens vermenigvuldigd met de kosten van een nieuwe teflonlaag (€190,25). Daarna worden de huidige kosten van het verbruik van teflon erbij opgeteld, zodat de formule een netto besparing van €0 geeft wanneer voor 'd' de huidige waarde wordt ingevoerd en de afname van afwijkingen, $r(d)$, tevens gelijk is aan 0.

In Tabel 3-3 is te zien wat het effect is van het vaker vervangen van teflon. Op de eerste regel is te zien wat de extra kosten per jaar zijn wanneer het teflon gemiddeld minder vaak gebruikt wordt en dit niet leidt tot een afname van afwijkingen. Op de andere regels is te zien wat de netto besparing is wanneer er een bepaalde afname van afwijkingen gerealiseerd wordt door het vaker vervangen van teflon. In de laatste kolom wordt de huidige situatie weergegeven, waarbij het teflon gemiddeld 8,22 keer wordt gebruikt. In deze kolom is alleen voor een afname van 0% een waarde weergegeven,

aangezien er het aantal afwijkingen naar verwachting niet zal afnemen wanneer het teflon gemiddeld even vaak wordt gebruikt als in de huidige situatie.

In de tabel is te zien dat er bijvoorbeeld €36 bespaard wordt wanneer het teflon gemiddeld 8 keer gebruikt wordt en dit tot een afname van afwijkingen van 30% leidt. Uit deze tabel blijkt dat een afname van het gemiddeld aantal keer dat teflon gebruikt wordt, al snel leidt tot hogere totale kosten.

Tabel 3-3 De netto besparingen bij verschillende afnamen van afwijkingen en verschillend verbruik van teflon

Teflon vervangen na gemiddeld d keer						
Afname teflon kreukels	d r(d)	7,00	7,50	8,00	8,22	
	0%	€ -34.203	€ -18.800	€ -5.324	€ 0	
	10%	€ -32.416	€ -17.014	€ -3.537	-	
	20%	€ -30.629	€ -15.227	€ -1.750	-	
	30%	€ -28.843	€ -13.440	€ 36	-	
	40%	€ -27.056	€ -11.653	€ 1.823	-	
	50%	€ -25.269	€ -9.867	€ 3.610	-	
	60%	€ -23.482	€ -8.080	€ 5.397	-	
	70%	€ -21.696	€ -6.293	€ 7.138	-	
	80%	€ -19.909	€ -4.506	€ 8.970	-	
	90%	€ -18.122	€ -2.720	€ 10.757	-	
	100%	€ -16.335	€ -933	€ 12.544	-	

Uit Tabel 3-3 blijkt dat kleine veranderingen al snel tot aanzienlijk hogere totale kosten leiden, vanwege de toename van de kosten van teflon. Daarom is het aan te raden om een nauwkeurigere schatting te maken van de kosten van teflonkreukels. Een betere schatting van de kosten van teflonkreukels is ook van belang, omdat klanten naar verwachting in de toekomst vaker producten zullen weigeren die kreukels bevatten. Een schatting van de kosten van teflonkreukels kan gemaakt worden door te kijken naar de keren dat het teflon daadwerkelijk tot teflonkreukels heeft geleid en de kosten die daardoor ontstaan zijn.

3.2.3. Hoe kan de isolatie van de pers verbeterd worden?

De isolatieplaten die gebruikt worden bij het persen, slijten na verloop van tijd. Dit komt doordat de pers gedurende lange tijd hoge druk uitoefent bij een hoge temperatuur op de isolatieplaten. Op dit moment wordt er visueel bepaald of de isolatieplaten van de persen nog goed genoeg zijn om mee te persen. Wanneer de platen van mindere kwaliteit beginnen te worden en dit terug te zien is in de producten, worden de zijkanen opgevuld met dunne laagjes Upilex materiaal. Dit materiaal is hitte- en druckbestendig en kan voor net genoeg opvulling zorgen, waardoor de hoeken van de laminaten de juiste druk krijgen tijdens de persgang. De isolatieplaten worden gemiddeld na ongeveer een half jaar vervangen, nadat ze meerdere malen zijn opgevuld met laagjes Upilex materiaal. De isolatieplaten bestaan uit meerdere kleine platen die volgens een vastgelegd patroon in de pers worden gezet. Er worden 2 lagen isolatiemateriaal op elkaar gelegd, om voor voldoende koeling te

zorgen. Om ervoor te zorgen dat de pers beter druk kan houden in de hoeken en aan de randen, zijn er een aantal mogelijke oplossingen. De kosten van afwijkingen die veroorzaakt zijn door drukverlies bij de pers bedragen €51.104. In dit bedrag zijn de kortingen aan klant B meegenomen. Dit is totaal ongeveer €30.660 per jaar.

Isolatieplaten vaker vervangen

Het is een mogelijkheid om de isolatieplaten eerder te vervangen, waardoor de kwaliteit van de isolatieplaten beter blijft. Dit zorgt wel voor hogere onderhoudskosten, aangezien er vaker isolatieplaten besteld en geïnstalleerd moeten worden. Om te bepalen of deze oplossing beter is dan de huidige situatie, moet er onderzocht worden hoe de kosten van onderhoud zullen toenemen en hoe de kosten van afwijkingen zullen afnemen. Daarnaast zorgt deze oplossing ervoor dat de productiecapaciteit afneemt, aangezien het vervangen van de isolatieplaten ervoor zorgt dat de productie ongeveer een halve dag stilligt. In Figuur 2-4 was te zien dat de persen nog niet de volledige capaciteit benutten, waardoor het bij een gelijkblijvende marktvraag wel mogelijk is om de isolatieplaten vaker te vervangen. De productiecapaciteit is hiervoor dus toereikend. Het vervangen van de isolatieplaten van 1 pers kost €5.756. Aangezien er 3 persen zijn en de isolatieplaten momenteel halfjaarlijks worden vervangen, komt dit neer op €34.536 per jaar, oftewel €2.878 per maand. Door gebruik te maken van Formule 1 kunnen de extra kosten berekend en de netto besparing geschat worden. In Formule 3 is te zien hoe de netto besparingen geschat kunnen worden. In deze formule is d het aantal keer dat de isolatieplaten per jaar worden vervangen.

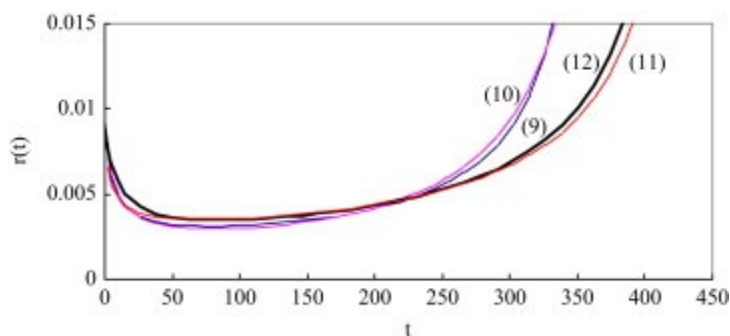
$$\begin{aligned} \text{Netto besparing per jaar} &= 30660 \cdot r(d) - d \cdot 5756 \cdot 3 + 34536 \\ &= 30660 \cdot r(d) - d \cdot 17268 + 34536 \end{aligned} \quad (3)$$

In Tabel 3-4 zijn de resultaten van deze formule te zien, wanneer de isolatieplaten na 4, 5 of 6 maanden worden vervangen, respectievelijk dus 2, 12/5 of 3 keer per jaar. In de huidige situatie worden ze na gemiddeld 6 maanden vervangen. Aan de hand van deze tabel is te zien dat een afname van afwijkingen van 30% al een netto besparing oplevert wanneer de isolatieplaten gemiddeld na 5 maanden vervangen worden.

Tabel 3-4: De netto besparingen bij verschillende afnamen van afwijkingen en een verschillend aantal keer vervangen van de isolatieplaten

	Isolatieplaten d keer per jaar vervangen			
Afname afwijkingen door drukverlies	r(d)\d	3	12/5	2
	0%	€ -17.267	€ -6.907	€ -
	10%	€ -14.201	€ -3.814	€ -
	20%	€ -11.135	€ -775	€ -
	30%	€ -8.069	€ 2.291	€ -
	40%	€ -5.003	€ 5.357	€ -
	50%	€ -1.937	€ 8.423	€ -
	60%	€ 1.129	€ 11.489	€ -
	70%	€ 4.195	€ 14.555	€ -
	80%	€ 7.261	€ 17.621	€ -
	90%	€ 10.327	€ 20.687	€ -
	100%	€ 13.393	€ 23.753	€ -

Uit verschillende gesprekken blijkt echter dat nieuw geplaatste isolatieplaten in het begin ook voor afwijkende producten kunnen zorgen. Het blijkt dat bij nieuwe platen in het begin de druk niet goed verdeeld is, waardoor de eerste producten een hogere kans hebben op pinholes en andere ultrasone defecten. Daarna verloopt het proces doorgaans gedurende langere tijd zonder problemen, totdat de isolatieplaten last krijgen van slijtage. Dit zijn kenmerken van een bathtub curve model (Jiang, 2013), zoals weergegeven in Figuur 3-3. Het aantal afwijkingen die te wijten zijn aan de isolatieplaten volgen een curve zoals die van 11 of 12.



Figuur 3-3: Bathtub curves of the models with finite support (Jiang, 2013)

Het precieze model is momenteel niet te bepalen, aangezien hiervoor nauwkeurige data beschikbaar moeten zijn over de momenten wanneer de isolatieplaten vervangen zijn. Daarnaast moet er in de NCR's duidelijk staan dat de oorzaak drukverlies (door de isolatieplaten) is. Zonder deze data is het niet goed te voorspellen hoeveel de afwijkingen zullen afnemen (of zelfs toenemen), waardoor het vaker vervangen van de isolatieplaten momenteel geen geschikte oplossing is. Daarom is het aan te bevelen om in de NCR's duidelijk aan te geven of de afwijking veroorzaakt is door de isolatieplaten. Als dit consistent op een standaardmanier wordt ingevoerd, en er daarnaast wordt bijgehouden wanneer de isolatieplaten van iedere pers precies zijn vervangen, zal het mogelijk zijn om in kaart te brengen hoe het aantal afwijkingen zich verhoudt tot het vervangen van de isolatieplaten.

Vervolgens kan er berekend worden of het vaker vervangen van de isolatieplaten tot een netto besparing leidt.

Eén laag isolatiemateriaal gebruiken gecombineerd met een koelplaat

Bij de kleinere persen in de laboratoria van TenCate wordt momenteel gebruik gemaakt van een enkele isolatielaag gecombineerd met een koelplaat eronder. Door deze metalen koelplaat wordt water gepompt, om op deze manier ervoor te zorgen dat de isolatieplaten koeler blijven. Dit heeft enerzijds het voordeel dat er minder isolatiemateriaal vervangen hoeft te worden, en anderzijds het voordeel dat het isolatiemateriaal minder snel slijt. Het isolatiemateriaal slijt minder snel omdat het minder heet wordt. Doordat de isolatieplaten goedkoper vervangen kunnen worden, kunnen deze voor dezelfde kosten vaker vervangen worden, waardoor er minder drukverlies bij de pers op zal treden. Dit heeft echter hetzelfde nadeel als het vaker vervangen van de huidige isolatieplaten, wat betekent dat deze oplossing niet per se tot minder afwijkingen leidt. Daarnaast is er een erg hoge investering nodig om de koelplaten in te bouwen in de 3 persen.

Ander isolatiemateriaal gebruiken

Een andere mogelijkheid is om een ander isolatiemateriaal te gaan gebruiken bij de persen. Het kan zijn dat andere isolatiematerialen voor dezelfde isolatie zorgen, terwijl ze beter tegen de druk en hitte kunnen van de pers. Het huidige isolatiemateriaal is relatief zacht, waardoor het een aantal millimeter dunner wordt onder druk. In het verleden is er geëxperimenteerd met een aanzienlijk harder isolatiemateriaal. Dat isolatiemateriaal bleek echter na korte tijd krom te trekken, waardoor er drukverschillen ontstonden. Dit leidde vervolgens tot meer afkeur, waardoor men sindsdien weer het oude soort isolatiemateriaal gebruikt.

Op het gebied van isolatiemateriaal zijn er een aantal vrij nieuwe ontwikkelingen gaande. Een nieuw soort isolatie zijn aerogel materialen. Aerogel heeft als groot voordeel dat zowel onder hoge temperaturen, als onder hoge druk nog steeds goed isoleert (Lee, Je Kyun, & Gould, 2007). Daarnaast slijt het minder snel en vervormt het minder, ten opzichte van het huidige isolatiemateriaal. Ook hebben aerogel isolatiematerialen een hogere isolatiewaarde dan het huidige isolatiemateriaal, waardoor er een dunnere laag isolatie gebruikt kan worden. Dit heeft als voordeel dat er slijtage van het isolatiemateriaal minder invloed heeft op de druk van de pers, wat leidt tot minder afwijkingen. Doordat de eigenschappen van het materiaal zo goed aansluiten bij de omstandigheden van de persen, is het aan te bevelen om een onderzoek op te stellen naar de mogelijkheden en de kosten van aerogel isolatiematerialen. Hierbij moet erop gelet worden dat de aerogel isolatie tot tenminste 330°C gebruikt kan worden, aangezien niet alle soorten aerogel isolatie hiervoor geschikt zijn. Bluedec is een Nederlands bedrijf dat verschillende aerogel isolatiematerialen produceert. Hoewel het standaardproduct van hen slechts tot 200°C gebruikt kan worden, is het mogelijk om andere soorten op aanvraag te bestellen (Bluedec B.V., 2016). Wanneer afwijkingen door drukverlies volledig voorkomen kunnen worden door gebruik te maken van aerogel isolatiemateriaal, zullen de kosten van afwijkingen naar verwachting met ongeveer €30.660 dalen.

Preventief de isolatieplaten bijvullen met Upilex materiaal

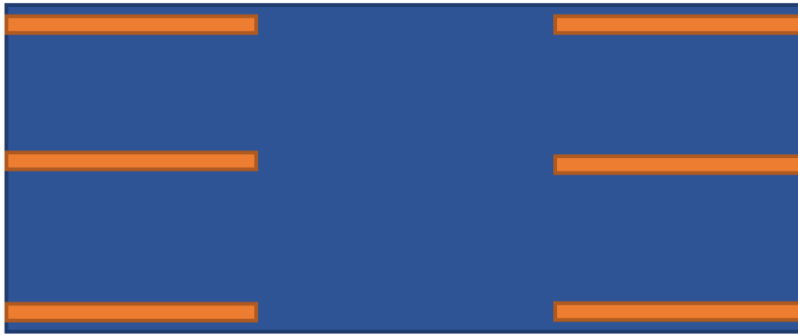
Momenteel worden de isolatieplaten van de pers opgevuld met laagjes Upilex materiaal, wanneer er producten met afwijkingen aan de randen ontdekt worden. Na het opvullen van de isolatieplaten zijn de volgende producten over het algemeen van goede kwaliteit. Er is hier sprake van een

correctieve actie, waardoor er alsnog veel producten met afwijkingen voorkomen (31 NCR's). Het is een mogelijkheid om de isolatieplaten preventief op te vullen, om drukverlies te voorkomen. Hiervoor is het nodig om de verdeling van de druk in kaart te brengen. Hier zijn een aantal mogelijkheden voor:

- De dikte van de isolatieplaten meten wanneer deze onder druk staan
- Een persgang doen met alleen een drukgevoelig folie met inkt, waardoor de verschillen in druk nauwkeurig in kaart gebracht worden
- Een persgang doen met carbonpapier, om te controleren of een bepaalde druk behaald wordt
- Door middel van druksensoren de druk meten in de hoeken van de pers, om tijdens een persgang te allen tijde de druk te kunnen monitoren

Tijdens een persgang worden de isolatieplaten ingedrukt. Dit komt doordat de isolatieplaten relatief zacht zijn. Als de isolatieplaten nieuw zijn, kan het voorkomen dat de deze niet overal op dezelfde manier ingedrukt worden, waardoor de diktes, en dus de druk, verschillend zijn. Aangezien de isolatieplaten en de persplaten vanaf de buitenkant toegankelijk zijn, is het mogelijk om afstandssensoren aan de zijkant van de pers te monteren, waarmee de dikte van het isolatiemateriaal gemeten kan worden. Aan de hand van deze metingen kan bepaald worden of het nodig is om de isolatieplaten preventief op te vullen met lagen Upilex. Hiervoor is het wel nodig om zeer nauwkeurige meetinstrumenten te gebruiken, aangezien een zeer klein dikteverschil al een grote invloed kan hebben op de druk op de laminaten. Uit gesprekken met de proces engineers is gebleken dat deze oplossing waarschijnlijk niet geschikt zal zijn, omdat de metingen zeer nauwkeurig moeten zijn om het te laten werken. Daarnaast zijn de benodigde meetinstrumenten te duur voor een oplossing waarvan niet met zekerheid gezegd kan worden of die zal werken. Vandaar dat ik aanraad om niet deze oplossing te implementeren.

Een andere methode om het drukverschil te bepalen, is door gebruik te maken van folie met drukgevoelige inkt. Fujifilm produceert dit folie genaamd Fuji Pressure Sensitive Film (Fujifilm Corporation, 2016) en verkoopt het voor €510 per rol van 6m*27cm. Het folie is verkrijgbaar voor verschillende soorten druk. Het folie met een bereik van 0,5 MPa tot 2,5 MPa is het meest geschikt, aangezien er bij de het persen een druk van maximaal 2MPa wordt uitgeoefend. De exacte specificaties van dit product zijn te vinden in Appendix D. Het is niet nodig om de druk over de gehele pers te meten, aangezien de hoeken als enige drukverlies vertonen. Om de druk aan de randen en in de hoeken te meten door 6 stroken van 9cm breed en ongeveer een meter lang op perspakket met alleen metalen blikken te leggen, zoals is geïllustreerd in Figuur 3-4. Op deze manier zou het ongeveer €170 per test kosten aan materiaal. Daarnaast zijn er nog kosten voor het persen en het klaarmaken, waardoor het totaal per test ongeveer €270 zal kosten.



Figuur 3-4: Visualisatie van de plaatsing van Fuji Pressure Measurement Film

Aan de hand van de formule 1 kan de netto besparing op deze manier geschat worden. De NCR kosten bedragen €30.660 per jaar, en de extra worden bepaald door het aantal extra controles per jaar (beslissing d). Net als bij de berekening van de netto besparing bij de teflon kreukels in formule 2, kan hier ook niet volledig voorspeld worden wat de afwijking is bij beslissing d . Daarom wordt in formule 3 voor de afname van het aantal afwijkingen $r(d)$ telkens een andere waarde gekozen, om zo de netto besparingen te laten zien bij verschillende afnamen van afwijkingen.

$$\text{Netto besparing} = c_{NCR} \cdot r(d) - c_o(d) = 30660 \cdot r - 270 \cdot d \quad (3)$$

De resultaten van de netto besparingen bij wekelijkse en tweewekelijkse controles, zijn weergegeven in Tabel 3-5. Hierin is te zien dat bij tweewekelijkse controles al bij een afname van 30% rendabel zijn. In deze berekening is echter alleen rekening gehouden met de kosten van het folie, terwijl er ook nog extra kosten zijn doordat het pakket dat de pers in gaat, moet worden klaargemaakt en doordat de pers gedurende korte tijd druk moet leveren.

Tabel 3-5: De netto besparingen wanneer controles van het drukverlies worden uitgevoerd d.m.v. Fuji Pressure Sensitive film

	Aantal controles drukverlies (d)			
	d	52	26	0
Afname afwijkingen door drukverlies	r(d)			
	0%	€ -14.040	€ -7.020	€ -
	10%	€ -10.974	€ -3.954	€ -
	20%	€ -7.908	€ -888	€ -
	30%	€ -4.842	€ 2.178	€ -
	40%	€ -1.776	€ 5.244	€ -
	50%	€ 1.290	€ 8.310	€ -
	60%	€ 4.356	€ 11.376	€ -
	70%	€ 7.422	€ 14.442	€ -
	80%	€ 10.488	€ 17.508	€ -
	90%	€ 13.554	€ 20.574	€ -
	100%	€ 16.620	€ 23.640	€ -

Helaas is uit gesprekken met de leverancier van dit folie gebleken dat het slechts te gebruiken is tot een temperatuur van ongeveer 65°C, terwijl het merendeel van de producten op 320 tot 330°C geperst wordt. Uit gesprekken met het Hoofd Technische Dienst, de Consolidatie Manager en een Process Engineer is gebleken dat de persplaten en de isolatieplaten aanzienlijk vervormen onder hoge temperatuur, waardoor het meten van de druk bij een koude persgang niet representatief is voor de drukverdeling tijdens een normale persgang. Vandaar dat deze oplossing niet geschikt is om te bepalen wanneer de isolatieplaten preventief opgevuld moeten worden met Upilex.

Een vergelijkbare methode om de druk te meten, is door carbonpapier op een pakket te leggen in de pers, op dezelfde manier als is geïllustreerd in Figuur 3-4. Carbonpapier kan beter tegen hogere temperaturen, doordat er geen kunststof in voorkomt. Er zijn weinig bedrijven die carbonpapier voor deze toepassing verkopen, maar Feltest verkoopt dit wel (Press Load - Feltest, 2016). Dit materiaal is aanzienlijk goedkoper dan het Fuji Pressure Sensitive Film en kost €200 voor een rol van 50m*16cm. Als het carbonpapier volgens de indeling van Figuur 3-4 wordt neergelegd in stroken van 16cm breed, kost een test slechts €24 aan materiaalkosten. Een nadeel van carbonpapier is dat het een zwartwit beeld geeft van de drukverdeling. Het carbonpapier van Feltest kleurt zwart wanneer een druk van 2,068 MPa behaald wordt. De meeste producten worden echter met een druk van maximaal 2,00 MPa geperst, wat betekent dat het 3,4% meer druk nodig heeft. In Appendix E zijn de andere specificaties van dit product te vinden. Deze druk wordt praktisch niet bereikt, waardoor het gehele carbonpapier niet zal verkleuren. Uit een gesprek met de leverancier is gebleken dat ze geen carbonpapier verkopen dat bij een wat lagere druk verkleurt. Daarnaast is het carbonpapier ongeveer 10% onnauwkeurig, wat betekent dat het in het bereik van 1,89 MPa tot 2,31 MPa kan verkleuren. Aangezien kleine drukverschillen al invloed kunnen hebben op de producten, komen we tot de conclusie dat dit carbonpapier, vanwege de onnauwkeurigheid, niet geschikt is om de drukverschillen bij de pers goed in kaart te kunnen brengen.

Een andere methode om de drukverschillen bij de pers te kunnen meten, is door gebruik te maken van druksensoren in de pers. Momenteel wordt de druk alleen gemeten op één punt in het midden van de pers, terwijl de drukverdeling ook van belang is voor de kwaliteit van producten. Het is een mogelijkheid om in de 4 hoeken van de pers druksensoren te plaatsen, zodat aan de hand daarvan bepaald kan worden of de hoeken en randen preventief opgevuld moeten worden met Upilex. Deze druksensoren moeten tot een druk van tenminste 2 MPa kunnen meten wat de druk is met grote nauwkeurigheid. Om de druksensoren op de juiste manier te kunnen laten meten, is het nodig om deze in te bouwen in de constructie van de pers. De persen maken gebruik van massieve metalen platen aan zowel de boven- als de onderkant. De druksensoren zouden in één van deze platen gemonteerd moeten worden. Daarnaast moeten deze druksensoren geïntegreerd worden in het computersysteem van de pers, zodat op ieder moment de drukverdeling op de pers gemonitord kan worden. Om te bepalen wat de investeringskosten hiervan zijn en om te kijken of deze oplossing rendabel is, raad ik aan om een vervolgonderzoek te starten naar de mogelijkheden hiervoor.

3.3. Conclusie

In dit hoofdstuk stond de vraag 'Hoe kunnen de problemen opgelost worden' centraal. Allereerst zijn de belangrijkste problemen uit hoofdstuk 2 geclassificeerd aan de hand van de impact die de problemen hebben en de mate waarin ze zijn op te lossen. Hieruit blijkt dat er bij de persafdeling momenteel geen problemen zijn die een hoge impact hebben en eenvoudig zijn op te lossen. Daarnaast blijken er 3 problemen te zijn die relatief eenvoudig op te lossen zijn en relatief weinig

impact hebben. Dit zijn kreukels veroorzaakt door het gebruik van teflon, het verkeerd opbouwen van laminaten, en vlekken die veroorzaakt zijn door het tijdelijke gebruik van een ander lossingsmiddel. Het lossingsmiddel dat voor vlekken zorgde wordt tegenwoordig niet meer gebruikt, waardoor de afwijkingen niet meer voorkomen. Daarom worden in deze categorie alleen de teflonkreukels en het verkeerd opbouwen van laminaten verder uitgewerkt. De problemen die lastig op te lossen zijn en relatief weinig impact hebben, worden niet verder uitgewerkt. De problemen met de grootste impact, die tevens het lastigst zijn om op te lossen, zijn machinestoringen bij de pers en drukverlies aan de randen en in de hoeken van de pers. Omdat in hoofdstuk 2 gebleken is dat de machinestoringen voornamelijk incidenteel zijn, worden deze niet verder uitgewerkt. Voor het drukverlies aan de zijkanten van de pers zijn wel oplossingen uitgewerkt, aangezien hier een duidelijke oorzaak voor aanwezig is en het tot hoge kosten leidt.

Het verkeerd opbouwen van laminaten blijkt sinds september niet meer voorkomen, omdat er in augustus videobeelden van het opbouwen zijn getoond aan en besproken met de operators. Hierdoor is men bewuster gaan nadenken over bepaalde handelingen, waardoor het sindsdien niet meer fout is gegaan. Daarom blijkt het niet nodig te zijn om andere oplossingen hiervoor te bedenken. Hierdoor kan er in 2017 ongeveer €8.700 bespaard worden.

Om teflonkreukels te voorkomen, is het mogelijk om de teflonlagen eerder te vervangen, alleen momenteel wordt er niet bijgehouden hoe vaak teflonlagen gebruikt zijn, waardoor het nu niet mogelijk is om deze preventief na een bepaald aantal keer te vervangen. Daarnaast kan een kleine verandering in het aantal keer dat teflon gebruikt wordt al leiden tot aanzienlijk hogere materiaalkosten. Om teflonkreukels te voorkomen, is het daarom noodzakelijk om data te verzamelen over het verbruik van teflon. Dit kan gedaan worden door na iedere persgang een markering aan te brengen op het teflon. Wanneer het teflon te slecht is voor verdere productie, moet vervolgens het aantal keer dat de laag is gebruikt, worden ingevoerd in een Excel bestand. Op deze manier kan er na een aantal maanden berekend worden of het rendabel is om de teflonlagen preventief te vervangen na een bepaald aantal keer. Als teflonkreukels volledig voorkomen kunnen worden, zullen de kosten van afwijkingen dalen met ongeveer €17.900.

Drukverlies aan de zijkanten en in de hoeken van de pers wordt veroorzaakt doordat de isolatieplaten slijtage vertonen, of doordat de isolatieplaten net nieuw zijn. Wanneer dit tot productafwijkingen leidt, worden de isolatieplaten opgevuld met laagjes Upilex materiaal. Doordat nieuwe isolatieplaten in het begin ook voor problemen kunnen zorgen, zal het vaker vervangen van de isolatieplaten niet per se tot minder afwijkingen leiden. Om een goede voorspelling van de mogelijke besparing te maken, is het nodig om data te verzamelen over het aantal afwijkingen dat specifiek veroorzaakt wordt door de isolatieplaten en over de momenten waarop de isolatieplaten vervangen worden per pers. Een andere mogelijkheid is het inbouwen van een koelplaat onder de pers, maar hiervoor is een hoge investering nodig, terwijl het niet te voorspellen valt hoe het aantal afwijkingen zal afnemen. Hierdoor is deze oplossing niet geschikt. Aangezien de huidige isolatieplaten voor problemen zorgen, is met mogelijk dat ander isolatiemateriaal tot minder afwijkingen leidt. Aerogel isolatie is een materiaal dat goed drukbestendig is en tegen hoge temperaturen kan, en daarnaast een hoge isolatiewaarde heeft. Door de hoge isolatiewaarde is het mogelijk om een dunnere laag isolatie te gebruiken, wat waarschijnlijk tot minder drukverlies leidt. Hiervoor is echter wel meer onderzoek nodig.

Een andere manier om het aantal afwijkingen te verminderen dat veroorzaakt wordt door drukverlies, is het preventief opvullen van de isolatieplaten met Upilex, in plaats van correctief zoals momenteel gebeurt. Hiervoor is het nodig om de drukverdeling in kaart te brengen van de pers. Een mogelijkheid om dit te doen, is door gebruik te maken van diktemetingen van het isolatiemateriaal tijdens een normale persgang, door middel van nauwkeurige afstandmeters. Uit gesprekken blijkt dat deze oplossing niet met zekerheid zal werken en te duur is om zomaar te proberen.

De drukverdeling kan ook in kaart gebracht worden door drukgevoelig folie te persen, wat de drukverschillen in kleur weergeeft. Helaas kan dit folie niet tegen een temperatuur hoger dan 65°C, waardoor het alleen koud geperst kan worden, waardoor deze methode geen realistisch beeld van de drukverdeling geeft. Carbonpapier kan daarentegen wel tegen hogere temperaturen, maar is naar verwachting niet nauwkeurig genoeg om de drukverdeling juist in kaart te brengen. Een laatste mogelijkheid is het aanbrengen van fysieke druksensoren in de hoeken van de persplaat. Deze druksensoren kunnen dan te allen tijde de drukverdeling weergeven, waardoor men precies weet wanneer de isolatieplaten (preventief) opgevuld moeten worden met Upilex. Het inbouwen van druksensoren in de pers vergt echter een hoge investering, waardoor er eerst meer onderzoek nodig is. Wanneer de productafwijkingen door drukverlies volledig voorkomen kunnen worden, kan dit tot een besparing van €30.660 leiden ten opzichte van de huidige situatie.

Hoofdstuk 4. Conclusie en discussie

In dit hoofdstuk wordt eerst in een algemene conclusie antwoord gegeven op de probleemstelling. Daarna wordt er in een discussie aangegeven wat de aanbevelingen zijn en wat de beperkingen van dit onderzoek zijn.

4.1. Conclusie

Het doel van dit onderzoek was uitzoeken hoe ervoor gezorgd kan worden dat er minder afkeur of afwijkingen zijn. De onderzoeksvraag luidde hierbij:

Hoe kunnen de kosten van afgekeurde producten verlaagd worden door de productie te verbeteren?

Hiervoor is de huidige situatie in kaart gebracht, waarbij per afdeling duidelijk is geworden hoeveel kosten er door afwijkingen zijn veroorzaakt. Hieruit blijkt dat de persafdeling de afdeling is met de hoogste kosten door afwijkingen. Vanwege de korte duur van dit onderzoek is er daarom alleen op deze afdeling gefocust. Aan de hand van NCR-data van januari 2015 tot aan september 2016 blijken de belangrijkste problemen op deze afdeling als volgt te zijn:

- Diverse afwijkingen door machinestoringen van de pers
- Ultrasonische defecten veroorzaakt door drukverlies aan de randen bij de pers
- Kreukels veroorzaakt door het gebruik van (verouderd) teflon
- Producten die verkeerd zijn opgebouwd
- Groeven door het gebruik van Upilex als lossingsmiddel
- Vlekken door losse koolstofvezels

Groeven en vlekken hebben relatief een lage impact en zijn lastig op te lossen, waardoor deze niet verder onderzocht zijn. Het opbouwen van producten gaat, sinds het analyseren van videobeelden van het opbouwen uit augustus 2016, niet meer fout, waardoor hier ook geen nieuwe oplossing voor wordt aangedragen. Daarnaast blijkt uit de data van de machinestoringen dat deze zeer uiteenlopend zijn, waardoor de verschillende storingen gezien kunnen worden als incidenten. Aan de hand van deze incidenten zijn waar mogelijk verbeteringen doorgevoerd om herhaling te voorkomen. De problemen die dan overblijven en waar nadere oplossingen mogelijk zijn, zijn kreukels die veroorzaakt worden door het gebruik van verouderd teflon, en ultrasonische defecten door drukverlies bij de persen.

De teflonlagen die gebruikt worden aan de onder- en/of bovenkant van de producten worden meerdere malen gebruikt, totdat het teflon kwalitatief niet meer goed genoeg is. Als het teflon kwalitatief niet meer goed is en het wordt toch gebruikt, is er het risico dat dit tot kreukels in het product leidt. Dit kan in deels voorkomen worden door het teflon preventief te vervangen. Om te bepalen hoeveel keer het teflon gebruikt kan worden, is het nodig om te registreren hoe vaak teflonlagen momenteel gebruikt worden. Dit kan gedaan worden door na iedere persgang de teflonlaag te markeren aan de zijkant. Als bij de visuele inspectie wordt besloten dat het teflon niet goed genoeg meer is voor verder gebruik, moet het aantal keer dat de teflonlaag gebruikt is, worden ingevoerd in een Excel bestand. Daarnaast moet er aangegeven worden of het tot kreukels in het product heeft geleid. Op deze manier kan na verloop van tijd aan de hand van statistiek bepaald worden wat het optimale aantal keer is dat een teflonlaag gebruikt mag worden. De maximale

verlaging van kosten door afkeur die hiermee gerealiseerd kan worden bedraagt ongeveer €17.900. Wel zorgt deze oplossing voor hogere materiaalkosten.

Het drukverlies in de hoeken en randen van de pers ontstaat enerzijds doordat de isolatieplaten slijten na verloop van tijd, en anderzijds doordat de isolatieplaten zich nog moeten vormen wanneer deze net nieuw zijn. Momenteel worden de isolatieplaten opgevuld met laagjes Upilex nadat er ultrasone defecten in de hoeken van producten geconstateerd worden. Om productafwijkingen door drukverlies te voorkomen, is het nodig om de isolatieplaten preventief op te vullen met Upilex, in plaats van correctief. Hiervoor moet duidelijk zijn hoe de drukverdeling in de pers is. Uit het onderzoek is gebleken dat afstandssensoren, drukgevoelig folie en carbonpapier niet geschikt zijn om de drukverdeling juist in kaart te brengen. Een mogelijkheid is het inbouwen van 4 druksensoren in iedere pers, waardoor te allen tijde gemonitord kan worden wat de drukverdeling is. De kosten door afwijkingen kunnen hiermee verlaagd worden met ongeveer €30.660 per jaar. De investeringskosten voor deze oplossing moeten nog onderzocht worden. Een andere mogelijkheid om het aantal afwijkingen door drukverlies te verminderen, kan het vaker vervangen de isolatieplaten zijn. Uit het onderzoek blijkt echter dat momenteel niet de juiste data beschikbaar zijn om te kunnen berekenen na welke periode de isolatieplaten het best preventief vervangen kunnen worden.

4.2. Discussie en aanbevelingen

In dit onderzoek is allereerst geprobeerd de huidige situatie met betrekking tot productafwijkingen zo realistisch mogelijk in beeld te brengen aan de hand van data-analyse. Dit was echter geen gemakkelijke taak, omdat de NCR-registratie naar mijn idee beter kan worden ingericht. In de NCR-database kwamen namelijk in totaal 165 verschillende omschrijvingen van afwijkingen voor, waarvan een deel van de omschrijvingen overlappend was. Hierdoor is het lastig om de belangrijkste problemen aan het licht te brengen. Daarnaast was de omschrijving in een aantal gevallen een omschrijving van de oorzaak, in plaats van een omschrijving van de productafwijking. Voor TenCate is het daarom aan te bevelen dat men goed moet nadenken over de verschillende omschrijvingen die ingevuld kunnen worden bij een NCR.

Een andere beperking van de NCR-data, is dat de kosten die ontstaan zijn doordat kortingen zijn vergeven, niet in de NCR-data verwerkt zijn. Hierdoor komen bepaalde problemen, zoals pinholes en andere ultrasone defecten, niet als belangrijk naar voren. In dit onderzoek is hier omheen gewerkt door gebruik te maken van een grove schatting van de gegeven kortingen. Een exacte koppeling maken tussen de NCR's en de gegeven kortingen was niet mogelijk, omdat de kortingen momenteel niet over individuele producten gegeven worden, maar een lading producten tegelijk.

Daarom is het aan te raden om kortingen die achteraf gegeven zijn aan klanten vanwege productafwijkingen, ook te verwerken in de NCR's, zodat tijdens de halfjaarlijkse NCR-besprekingen een realistischer beeld geschapen kan worden van de problemen.

Daarnaast zijn in dit onderzoek helaas alleen de problemen bij de persafdeling onderzocht, vanwege de korte tijd die beschikbaar was. Hoewel dit de afdeling is met de hoogste kosten, zijn er andere afdelingen waar eenzelfde soort onderzoek zeer waardevol kan zijn. Bij bijvoorbeeld de impregneerafdeling zijn de kosten door afwijkingen namelijk ook erg hoog.

Aan de hand van dit onderzoek zijn er 3 oplossingen waardoor de kosten van afgekeurde producten omlaag kunnen gaan. Door bij te houden hoe vaak teflon gebruikt wordt via het aangeleverde Excel bestand, wordt het mogelijk om na een aantal maanden te berekenen wat het optimale aantal keer is om teflonlagen te gebruiken. Hiervoor dient TenCate iemand verantwoordelijk stellen voor het uitvoeren van de statistische berekening hiervan.

De tweede oplossing gaat over het berekenen van het beste moment om de isolatieplaten te vervangen. Hiervoor zijn momenteel de benodigde data niet beschikbaar. Als TenCate deze berekening wil uitvoeren, is het noodzakelijk om ten eerste goed te gaan bijhouden wanneer de isolatieplaten precies vervangen worden, en ten tweede in de NCR-data duidelijk, op een eenduidige manier, te gaan vermelden wanneer producten een afwijking hebben die veroorzaakt is door drukverlies. Dan wordt het mogelijk voor TenCate om de koppeling tussen de isolatieplaten door de tijd heen en het aantal afwijkingen in kaart te brengen, waardoor het beste moment bepaald kan worden om de isolatieplaten te vervangen.

De derde oplossing betreft het preventief opvullen van de isolatieplaten met Upilex, door gebruik te maken van 4 druksensoren in de hoeken van de persen. Hiervoor is het nodig om een onderzoek te starten naar de investeringskosten van deze sensoren en de haalbaarheid ervan.

Literatuurlijst

- Bluedec B.V. (2016, 12). *Bluedec*. Opgehaald van Bluedec - Technische Informatie:
<http://www.bluedec.nl/technische-informatie>
- Fujifilm Corporation. (2016, 12). *Fujifilm Global*. Opgehaald van Prescale | Fujifilm Global:
<http://www.fujifilm.com/products/prescale/prescalefilm>
- Heerkens, J. (2012). *Geen probleem: Een aanpak voor alle bedrijfskundige vragen en mysteries*. Enschede: Business School Nederland.
- Jiang, R. (2013). A new bathtub curve model with a finite support. In *Reliability Engineering & System Safety* (pp. 44-51). Changsha: Changsha University of Science and Technology.
- Lee, Je Kyun, & Gould, G. (2007). Polydicylopentadiene based aerogel: a new insulation material. *Journal of Sol-Gel Science and Technology* 44.1, 29-40.
- Press Load - Feltest*. (2016, 11). Opgehaald van Feltest: <http://www.feltest.com/equipment/press-section/press-load/>
- Slack, N., Brandon-Jones, A., & Johnston, R. (2013). *Operations Management*. Edinburgh Gate: Pearson.
- Vorne. (2016). *Calculate OEE - Definitions, Formulas and Examples*. Opgehaald van OEE:
<http://www.oee.com/calculating-oee.html>

Appendix

A. Lijst met het aantal NCR's per omschrijving

B. Kosten afkomstig door gegeven kortingen aan bepaalde klanten

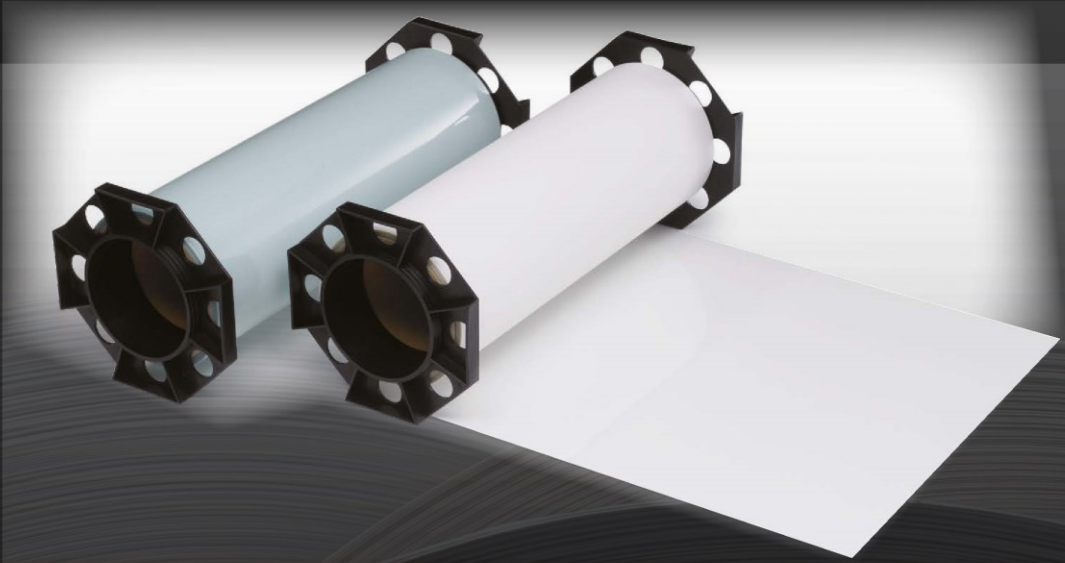
C. Belangrijkste problemen persafdeling

D. Specificaties Fuji Pressure Sensitive Film

FUJI PRESSURE SENSITIVE FILM **FELTEST**

INNOVATION | TECHNOLOGY | EQUIPMENT

MAXIMIZING RUNNABILITY



3 good reasons to use Fuji Pressure Sensitive Film:

1

Quickly check the nip width and load distribution

2

The more intense the color, the higher the load

3

Use it in the press section, the size press, calendar rolls, the winder...

Improve the yield – check the nip load

Non-uniform nips usually lead to wrinkles, web breaks and poor sheet profiles. These are all costly problems that can ruin the machine's runnability and yield. **Fuji Pressure Sensitive Film** is the advanced troubleshooting tool to identify all kinds of nip deviations like:

- Uneven load
- Incorrect crowning (picture A)
- Misalignment (picture B)
- Damaged roll covers (picture C)
- Soft spots in roll covers (picture D)
- (Partially) worn roll covers (picture E)

Applications in the Paper Industry

Fuji Pressure Sensitive Film is most commonly used to detect non-uniform load distribution in the press section, the size press and the calendar. Other applications are for example checking the winding quality of the re-winder and gaskets of the steam and condensate system.

A. Incorrect crowning:



B. Misalignment:



C. Damaged roll cover:



D. Soft spots in roll cover:



E. Partially worn roll cover:



A. Incorrect crowning:



B. Misalignment:



C. Damaged roll cover:



D. Soft spots in roll cover:



E. Partially worn roll cover:



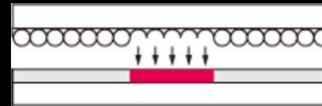
FUJI PRESSURE SENSITIVE FILM



MAXIMIZING RUNNABILITY

How it works

One side of the film contains micro-capsules, the other a color-developing layer. Under pressure the micro-capsules burst and red patches will appear on the film. The higher the pressure, the more capsules will burst and the more intense the color will be.



The Fuji Pressure Sensitive Film comes with:

- Two-sheet system (W series) or single sheet (S series)
- User Instructions in English
- Read-out table



Roll Dimensions	Product type	Code	Pressure Range							Typical application in Paper Industry
			7.25	29	73	363	1450	7250	18,900 PSI	
			0.05	0.2	0.5	2.5	10	50	130 Mpa	
310 mm x 3 m 12.2 in 9.84 ft	Extreme Low Pressure	4LW								Roll winding
270 mm x 5 m 10.6 in 16.4 ft	Ultra Super Low Pressure	LLW								Roll winding
270 mm x 6 m 10.6 in 19.7 ft	Super Low Pressure	LLW								'Soft' press nip; size press; calender rolls
270 mm x 12 m 10.6 in 39.4 ft	Low Pressure	LW								'Hard' all-steel nips; calender rolls
270 mm x 12 m 10.6 in 39.4 ft	Medium Pressure	MW, MS								Checking surface contact, gaskets, etc.
270 mm x 12 m 10.6 in 39.4 ft	High Pressure	HS								Checking surface contact, gaskets, etc.

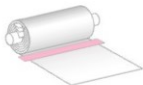
Applications in the
Paper Industry:



Size Press:



Checking the winding
quality of the re-winder:



Performing measurements of any kind on running paper machines is potentially dangerous and requires alertness, concentration and common sense.

The products of Feltest Equipment BV are designed and constructed to be as safe as possible for their intended use. Feltest Equipment BV cannot be held responsible or liable in any way for injuries or damages that occurred using Feltest Equipment BV's products.

Telephone: +31 313 652 215
Fax: +31 313 654 068

Email: info@feltest.com
Internet: www.feltest.com

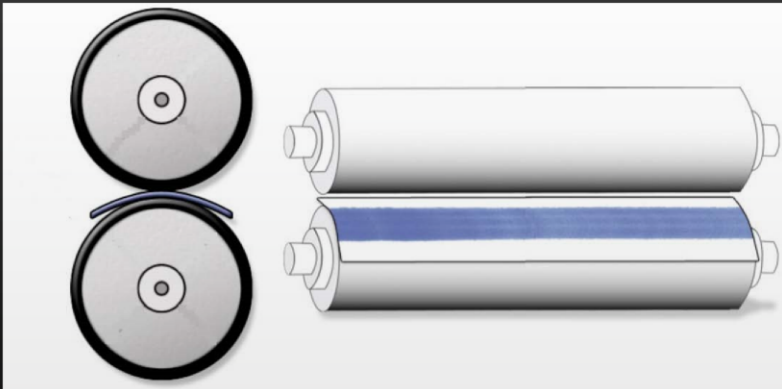
E. Specificaties carbonpapier

CARBON PAPER



INNOVATION | TECHNOLOGY | EQUIPMENT

MAXIMIZING RUNNABILITY



3 good reasons to use Carbon Paper for nip impressions:

1

Quickly check the nip uniformity

2

Use it in the press section, on size presses, calendar rolls etc

3

It's easy and affordable!

Improve the yield – check the nip impression

Non-uniform nips usually lead to wrinkles, web breaks and poor sheet profiles. These are all costly problems that can ruin the machine's runnability and yield. Feltest Carbon Paper is an easy and economical troubleshooting tool to identify nip deviations. Simply put a strip between two mating rolls and the paper will immediately change color, giving you a clear "footprint" of the nip width.

Use Carbon Paper to identify...

Uneven load, overloading of a roll, inadequate or excessive crowning, uneven roll cover properties, etc.

The Feltest Carbon Paper comes with:

-  Handy dispenser box
-  Length markings every 50 cm / 20 in
-  User Instructions in English





Performing measurements of any kind on running paper machines is potentially dangerous and requires alertness, concentration and common sense.

The products of Feltest Equipment BV are designed and constructed to be as safe as possible for their intended use. Feltest Equipment BV cannot be held responsible or liable in any way for injuries or damages that occurred using Feltest Equipment BV's products.

Specifications	Feltest Carbon Paper
Pressure minimum	2.1 MPa / 300 psi
Humidity range	10 - 95% RH
Thickness	0.2 mm / 8 mil
Roll length	50 m / 164 ft
Width	160 mm / 6.3 in
Weight (incl. cardboard box)	2 kg / 4.5 lb

Telephone: +31 313 652 215

Fax: +31 313 654 068

Email: info@feltest.com

Internet: www.feltest.com