

Van projectmatige stukproductie naar seriematige voorraadproductie







Bachelorscriptie

Van projectmatige stukproductie naar seriematige voorraadproductie

Auteur

L.F. Nieuwmeijer

Onderwijsinstelling

Universiteit Twente

Technische Bedrijfskunde

Begeleider: Dr. ir. L.L.M. van der Wegen

Meelezer: Dr. N.J. Pulles

Afstudeerbedrijf

Flexxolutions GFS. B.V.

Begeleider: ing. C. Lansink

Opdrachtgever: ir. ing. M. Nieuwmeijer

29 juli 2016



Voorwoord

Voor u ligt de scriptie 'Van projectmatige stukproductie naar seriematige voorraadproductie'. Deze Bachelorscriptie is geschreven in het kader van mijn afstuderen aan de opleiding Technische Bedrijfskunde aan de Universiteit Twente en in opdracht van het bedrijf Flexxolutions.

Bij het zoeken naar de Bachelor opdracht kwam al snel het bedrijf, waarvan mijn vader eigenaar en algemeen directeur is, in beeld. Samen hebben mijn vader - en tegelijkertijd mijn opdrachtgever - Martin Nieuwmeijer en ik gekeken naar een uitdagende opdracht voor mij en een nuttige opdracht voor het bedrijf. Zo is dit onderzoek tot stand gekomen.

Het uitvoeren van de opdracht bij een bedrijf van een familielid heb ik vooral ervaren als extra motiverend. Ik vond het erg interessant om eens een kijkje te nemen in het bedrijf waar het thuis zo vaak over gaat. En natuurlijk wil ik laten zien dat ik de opleiding Technische Bedrijfskunde op een goede manier af kan ronden. Ik wil mijn vader bedanken voor alle hulp en uitleg die hij mij gegeven heeft, binnen en buiten werktijd. Tevens wil ik mijn begeleider, Christian Lansink, bedanken voor alle feedback en tips die hij aan mij gegeven heeft. Hieraan heb ik veel gehad, vooral bij het kwantificeren en concreet maken van de aanbevelingen. Tot slot wil ik de heer Bert Sluijer bedanken voor alle uitleg over de productie van de Flexxomatten. Zonder hem had ik het productieproces nooit zo goed kunnen begrijpen.

Verder wil ik mijn dank uitspreken aan mijn begeleider van de Universiteit Twente, Leo van der Wegen. Ik ben er tijdens mijn onderzoek achter gekomen dat het heel veel waard is om een begeleider te hebben die echt de tijd neemt om te helpen. Heel erg bedankt voor alle uren die u in mij gestoken heeft en voor alle feedback en hulp die u mij gegeven heeft!

Veel leesplezier gewenst!

Laura Nieuwmeijer

Juli 2016



Managementsamenvatting

De huidige productie bij het bedrijf Flexxolutions is ingericht op basis van projectmatige stukproductie. Er wordt rekening gehouden met specifieke wensen van de klant en daarom kunnen de afmetingen van de producten erg variëren. Echter, de Flexxomat wordt tegenwoordig voor een groot deel in standaardformaten geproduceerd en daarom komt dit product in aanmerking voor seriematige voorraadproductie. Het probleem bij Flexxolutions is dat er geen organisatie is van seriematige voorraadproductie, waardoor het productieproces inefficiënt verloopt. De volgende onderzoeksvraag is opgesteld: Op welke wijze kan Flexxolutions overgaan van projectmatige stukproductie naar seriematige voorraadproductie en hoe kan de doorlooptijd gereduceerd worden? Het doel van het onderzoek is om de doorlooptijd te reduceren en een efficiënt proces voor de Flexxomatten te organiseren.

Om een antwoord te geven op deze onderzoeksvraag is uitgezocht welke factoren voor een negatief effect op de doorlooptijd zorgen. Hiervoor moest het productieproces eerst volledig duidelijk zijn. De Flexxomat wordt geproduceerd in twee soorten, de Flexxomat T(T) en P(T). Het product bestaat uit de halffabricaten: bodemlaag, viltlaag, soltisaag, staalplaten, etiketten, staalplaten en schuim in plaats van vilt in de P(T) mat. In de huidige situatie wordt de Make-to-order strategie toegepast. De eerste factor die een negatief effect op de doorlooptijd heeft, is het handmatig aftekenen en knippen van folie en weefsel, terwijl Flexxolutions ook beschikt over een snijmachine die een veel kortere bewerkingstijd heeft. De tweede factor is dat er veel onnodige transportbewegingen worden gemaakt in het proces. De derde factor is dat het bewerken van de staalplaten in de mat inefficiënt verloopt. Tot slot is geconstateerd dat het hoogfrequent lassen van materiaal veel tijd in beslag neemt, terwijl maar in een fractie van deze tijd waarde toegevoegd wordt.

Flexxolutions kan overgaan van projectmatige stukproductie naar seriematige voorraadproductie door zich te focussen op twee aspecten: het verbeteren van de huidige situatie en het optimaal inrichten van de productieplek. Allereerst is het voor de productie van de Flexxomatten efficiënt om de Assemble-to-order strategie toe te passen. Het koppelpunt van het product aan een order ligt hier tussen de productie van de halffabricaten en de assemblage. De verschillende lagen waaruit het product bestaat, de staalplaten en de etiketten zouden aan het begin van de productiemaand geproduceerd moeten worden. De aanbevelingen zijn gericht op vijf punten. Het *eerste* punt is dat er zoveel mogelijk geautomatiseerd gesneden zou moeten worden, in plaats van handmatig. Het snijden zou een keer per maand moeten plaatsvinden. Het *tweede* punt is dat het bewerken van de staalplaten efficiënt georganiseerd kan worden door een nieuwe roltafel met een aanslagsysteem aan te schaffen en door de staalknipschaar op een verhoging naast de roltafel te zetten. De roltafel kan gebruikt worden als transportmiddel en als opslagruimte. Tevens kan de tafel met aanslag gebruikt worden om de platen af te meten en vervolgens kan de plaat in een beweging afgeknipt worden met de staalknipschaar. In verband met de lange transporttijden zouden de staalplaten een keer per maand bewerkt moeten worden. Ten *derde* kan het transporteren ten behoeve van voorbereidingen gereduceerd worden door systematisch al het benodigde materieel in een keer op te halen. Hiervoor kan een bestaand rolkarretje gebruikt worden. De doorlooptijd kan ten *vierde* gereduceerd worden door een nieuwe travelling hoogfrequent lasmachine aan te schaffen. Deze machine beweegt zelf op een rails, waardoor de mat niet meer verschoven en gepositioneerd hoeft te worden. Voor de maandelijkse halffabricaten is opslagruimte nodig. Opslagruimte kan gecreëerd worden door ten *vijfde* een nieuwe werktafel met juiste afmetingen en indeling voor de opslag aan te schaffen. Deze afmetingen en de indeling voor de opslag zal door Flexxolutions nader bepaald moeten worden.



Naast deze punten wordt geadviseerd om bij het produceren van meerdere producten op deze plek aandacht te besteden aan de productieprocedures en aan de planning van de productie op deze plek. De doorlooptijd per product kan met 38% gereduceerd worden voor de Flexxomat T(T) en met 54% voor de Flexxomat P. Hierdoor wordt maandelijks €2.400,- bespaard. De voorstellen behoeven een totale investering van € 100.950,-. Met de verwachte stijging in de omzet in komende drie jaren en de hiervoor genoemde besparingen kan de terugverdientijd voor de investeringen geschat worden op maximaal 2,5 jaar.



Inhoud

Hoofdstuk 1: Inleiding.....	11
1.1 Aanleiding.....	11
1.1.1 De Flexxomat.....	11
1.1.2 De Flexxotank.....	11
1.2 Probleemkluwen.....	12
1.3 Onderzoeksvragen en plan van aanpak.....	12
1.4 De reikwijdte van het onderzoek.....	13
1.5 Leeswijze.....	13
Hoofdstuk 2: Huidige productiesituatie.....	15
2.1 Huidige inrichting van de fabriekshal.....	15
2.2 Productieproces Flexxomat.....	15
2.2.1 De Flexxomat T en TT.....	16
2.2.2 De Flexxomat P en PT.....	20
2.3 Productieproces Flexxotank.....	21
2.4 Conclusie.....	22
Hoofdstuk 3: Theoretisch kader.....	23
3.1 Inrichting van het productieproces.....	23
3.1.1 Standaardisatie.....	23
3.1.2 Productiestrategieën.....	23
3.1.3 Productiemethoden.....	24
3.1.4 De lay-out van het proces.....	24
3.2 De doorlooptijd van een productieproces.....	25
3.2.1 De doorlooptijd in het productieproces.....	25
3.2.2 Het reduceren van de doorlooptijd.....	25
3.3 Conclusie.....	26
Hoofdstuk 4: Factoren die leiden tot een negatief effect op de doorlooptijd van de productie.....	27
4.1 De vijf factoren bij het handmatige productieproces van de Flexxomatten.....	27
4.1.1 Factor variabiliteit in het proces.....	27
4.1.2 Factor voorbereidings- en transporttijd.....	27
4.1.3 Factor bewerkingstijd.....	28
4.1.4 Factor bezetting van de werkstations.....	30
4.1.5 Factor productie- en transfer batchgroottes.....	30
4.2 De vijf factoren bij gebruik van de snijmachine.....	30
4.2.1 Factor voorbereidings- en transporttijd.....	30
4.2.2 Factor bewerkingstijd.....	31



4.2.3 Factor productie- en transferbatchgrootte.....	32
4.4 Conclusie.....	33
Hoofdstuk 5: Hoe kan het productieproces het meest efficiënt ingericht worden?.....	34
5.1 Het reduceren van de doorlooptijd	34
5.1.1 De voorbereidings- en transporttijd op de productieplek	34
5.1.2 De bewerkingstijd van het aftekenen en knippen van PVC folie en soltisweefsel	35
5.1.3 Het bewerken van de staalplaten	38
5.1.4 De bewerkingstijd van het hoogfrequent lassen.....	39
5.1.5 Samenvatting	40
5.2 Het inrichten van het productieproces	41
5.2.1 Lay-out van het proces en productiestrategie	41
5.2.2 De optimale productieplek	42
5.2.3 Een gebalanceerd lijnproces voor de Flexxomatten	43
5.2.4 Terugverdiëntijd.....	44
5.3 Conclusie.....	45
Hoofdstuk 7: Conclusies en aanbevelingen	46
7.1 Conclusies	46
7.2 Algemene aanbevelingen.....	47
7.3 Aanbevelingen productie van meerdere producten op de productieplek.....	47
Bijlage 1: Woordenlijst.....	49
Bijlage 2: Productieproces Flexxomat.....	50
2.1 Doorlooptijdsdiagram productie Flexxomat TT.....	50
2.2 Doorlooptijdsdiagram Flexxomat PT	50
2.3 Flowchart productieproces Flexxomat T/TT	51
2.4 Flowchart productieproces Flexxomat P/PT	53
Bijlage 3: De Flexxotank	54
3.1 Productieproces Flexxotank.....	54
3.2 Flowchart productieproces Flexxotank.....	56
Bijlage 4: Tabel met doorlooptijden Flexxomatten	57
Bijlage 5: Berekening batchgrootte snijmachine	58
Bijlage 6: Berekening doorlooptijd snijmachine nieuwe situatie	59
Bibliografie.....	61

Hoofdstuk 1: Inleiding

Flexxolutions GFS B.V. (vanaf nu Flexxolutions) is het bedrijf waar de Bachelor opdracht uitgevoerd wordt. Dit is een productiebedrijf met vestigingen in Gildehaus en in Oldenzaal en richt zich voornamelijk op de agrarische industrie. Dit bedrijf houdt zich bezig met het ontwerpen, produceren en monteren van afdek- en opslagsystemen gemaakt van technisch textiel. Voorbeelden van producten die bij Flexxolutions geproduceerd worden, zijn daken voor mestsilos, flexibele tanks voor de opslag van vloeistoffen en gasen en desinfectiematten.

1.1 Aanleiding

De huidige productie bij Flexxolutions is ingericht op projectmatige stukproductie. Er wordt rekening gehouden met specifieke wensen van de klant. De maten van de producten kunnen daarom erg variëren. Om deze reden wordt er geen eindproduct voorraad gehouden en wordt er ook geen gebruik gemaakt van tussenvoorraden. Er zijn echter producten die tegenwoordig voor een groot deel in standaardformaten geproduceerd worden en daarom komen ze in aanmerking voor seriematige voorraadproductie. In de huidige productie betreft dit de Flexxomatten en in de toekomst zullen er meer producten zijn waarvoor dit geldt, waaronder de Flexxotanks.

1.1.1 De Flexxomat

De Flexxomat is een desinfectiemat die een oplossing levert voor hygiëneproblemen bij personen- en machinebewegingen in de landbouw, kassenteelt, voedingsmiddelenindustrie en ziekenhuizen. Een desinfectiemat is een mat, bestaande uit een antislip onderkant, een vloeistof opnemend weefsel in de mat, een vloeistof doorlatend weefsel als bovenkant en is gevuld met desinfectiemiddel. De Flexxomat wordt zowel in een aantal standaardformaten geproduceerd (nadere uitleg volgt in paragraaf 2.1) als ook op wens van de klant op maat gemaakt.

De markt voor de desinfectiematten groeit en dat is ook te merken bij Flexxolutions. Het aantal aanvragen van januari tot en met april in 2016 ten opzichte van 2014 is gegroeid met 30,1%. (bron: Plan-de-CAMpagne). Flexxolutions streeft ernaar om over vijf jaar minimaal driemaal de huidige omzet te draaien van de huidige Flexxomatten. Daarnaast kan uit de project- en productinformatie uit Plan-de-CAMpagne gehaald worden dat 85% van de Flexxomatten die verkocht zijn, de standaardformaten zijn. Voor de standaardformaten kan een andere manier van produceren voor een efficiëntere productie zorgen dan stukproductie, wat in de huidige situatie toegepast wordt.

1.1.2 De Flexxotank

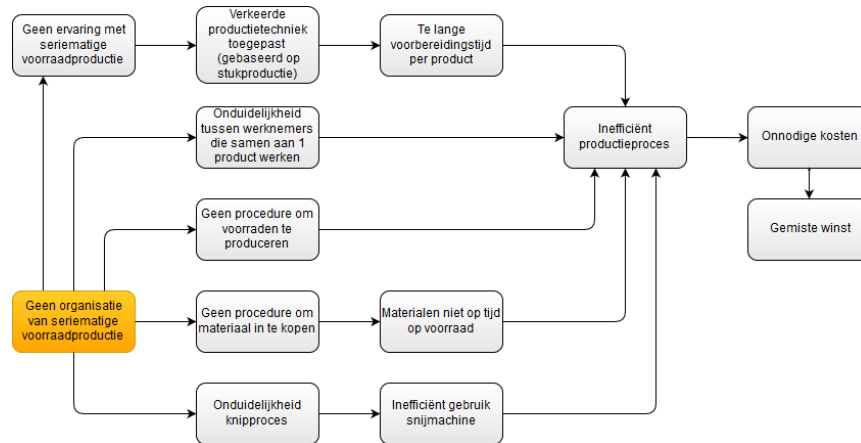
De Flexxotank is een flexibele opslagtank welke in kan worden gezet voor de opslag van vrijwel iedere vloeistof. Deze tank wordt op wens van de klant geproduceerd in volumes van 1 tot 2.000 m³. Sinds 2015 is Flexxolutions een van de 4 gecontracteerde leveranciers van Unicef voor het leveren van Flexxotanks ten behoeve van drinkwater voor vluchtelingenkampen. De tanks worden in 5 standaardformaten geleverd. Een belangrijke afspraak die gemaakt is met Unicef is dat voor 4 van de 5 standaardformaten altijd 20 stuks op voorraad moeten liggen. De voorraad moet na een afroep vervolgens binnen tien werkdagen weer aangevuld zijn. Voor de productie van standaardformaten kan een andere manier van produceren efficiënter zijn.

Samenvattend kan gezegd worden dat er, doordat er voor een groot deel in standaardformaten geproduceerd wordt, een andere organisatie nodig is van het productieproces dan dat Flexxolutions gewend is: het seriematig op voorraad produceren van producten. Het productieproces verloopt inefficiënt bij deze producten, omdat de medewerkers van Flexxolutions niet weten hoe ze de

toekomstige werkwijze moeten organiseren. Met inefficiënt wordt in dit onderzoek bedoeld dat de productie meer moeite, tijd en/of geld kost dan nodig is. Naast de Flexxomatten worden bij Flexxolutions meer producten ontwikkeld die seriematig geproduceerd moeten gaan worden, zoals de Flexxotanks en de Flexxotoiletten. De directie van Flexxolutions heeft besloten dat er voor de voorraadproductie van seriematige producten één productieplek ingericht moet worden. Dit betreft de plek waar in de huidige situatie de Flexxomatten gemaakt worden. Echter hebben ze geen idee hoe ze de productie op deze plek moeten inrichten en organiseren voor een seriematige voorraadproductie. Ik ben daarom gevraagd om te kijken hoe de op voorraadproductie van seriematige producten op deze productieplek het meest efficiënt ingericht en georganiseerd kan worden.

1.2 Probleemkluwen

Om een beter beeld te krijgen welke problemen het hoofdprobleem veroorzaken en welke hier weer aan ten grondslag liggen, kan een probleemkluwen gemaakt worden. Hierin worden diverse problemen in een oorzaak-gevolg relatie met elkaar verbonden. Het probleem dat aan het begin van de probleemkluwen staat, is het handelingsprobleem dat aangepakt gaat worden in het onderzoek. Hieronder is de probleemkluwen voor het huidige probleem van Flexxolutions afgebeeld:



Figuur 1: Probleemkluwen Flexxolutions

Zoals in de probleemkluwen te zien is, is het handelingsprobleem dat er geen organisatie is van seriematige voorraadproductie. Dit zorgt voor inefficiëntie in het productieproces en hierdoor worden onnodige kosten gemaakt, wat tot gemiste winst leidt.

1.3 Onderzoeksvragen en plan van aanpak

Uit de probleemkluwen kan gehaald worden dat het handelingsprobleem is dat er geen organisatie is van seriematige voorraadproductie. Ik ben daarom gevraagd om te onderzoeken hoe een seriematige voorraadproductie georganiseerd en ingericht kan worden en hoe de doorlooptijd gereduceerd kan worden, zodat een efficiënt productieproces gerealiseerd kan worden. De hoofdonderzoeksvraag luidt:

Op welke wijze kan Flexxolutions overgaan van projectmatige stukproductie naar seriematige voorraadproductie en hoe kan de doorlooptijd van het huidige productieproces van de Flexxomatten gereduceerd worden?

Om antwoord te kunnen geven op deze hoofdonderzoeksvraag is een aantal deelvragen opgesteld.



Deelvraag 1: Hoe is de huidige productiesituatie?

Om antwoord te geven op deze vraag wordt er in eerste weken van de onderzoeksperiode meegelopen in de fabriek. Hierdoor kan een goed beeld verkregen worden van hoe de productie eruit ziet en uit welke stappen de productie van de Flexxomatten bestaat. Vervolgens, als er een goed inzicht verkregen is in de productiestappen, worden de tijden opgenomen hoelang er over elke productiestap gedaan wordt. Er wordt naast het observeren van de Flexxomatten ook gekeken naar het productieproces van de Flexxotanks, omdat het productieproces effect zal hebben op de bruikbaarheid van de gezamenlijke productieplek. In een plattegrond en een diagram van de doorlooptijd zal in een oogopslag de huidige situatie van de productie van de Flexxomat duidelijk zijn.

Deelvraag 2a: Hoe kan een productieproces efficiënt ingericht worden?

Om deze deelvraag te kunnen beantwoorden, wordt een literatuuronderzoek gedaan. In dit literatuuronderzoek wordt gekeken naar methoden om de op voorraad productie van seriematige producten zo efficiënt mogelijk in te richten. Er wordt gekeken naar welke productiemethoden en strategieën er zijn en hoe een gebalanceerd lijnproces gerealiseerd zou kunnen worden.

Deelvraag 2b: Uit welke factoren bestaat de doorlooptijd van een productieproces en hoe kan de doorlooptijd gereduceerd worden?

Deze deelvraag betreft het tweede deel van het literatuuronderzoek. Er wordt uitgezocht uit welke factoren de doorlooptijd van een productieproces bestaat. Vervolgens wordt beschreven hoe de doorlooptijd gereduceerd kan worden.

Deelvraag 3: Welke factoren hebben een negatief effect op de doorlooptijd?

Gedurende het meelopen in de fabriek en het observeren van de productie wordt gekeken naar factoren in het productieproces die een negatief effect hebben op de doorlooptijd van de productie. Met negatief effect wordt in dit onderzoek bedoeld dat de productie meer moeite, tijd en/of geld kost dan nodig is. Dit wordt veroorzaakt door bepaalde factoren, welke in dit hoofdstuk worden beschreven aan de hand van de theorie.

Deelvraag 4: Hoe kan het productieproces het meest efficiënt ingericht worden?

Voor de productie van de Flexxomatten wordt beschreven hoe de productie het meest efficiënt ingericht en georganiseerd kan worden. Er wordt allereerst gekeken hoe de factoren die een negatief effect hebben op de doorlooptijd zoveel mogelijk gereduceerd kunnen worden en ten tweede wordt gekeken hoe de productieplek efficiënt ingericht zou kunnen worden.

1.4 De reikwijdte van het onderzoek

Dit onderzoek focust zich op de standaardformaten van de Flexxomatten en Flexxotanks. Dit betreft in de huidige productie de 8 verschillende formaten Flexxomatten en de 5 soorten Flexxotanks die aan Unicef geleverd worden. Producten die op maat gemaakt worden voor de klant vallen niet binnen dit onderzoek.

Daarnaast wordt in dit onderzoek alleen gekeken naar het productieproces van de producten. De inkoop van het materiaal en de procedure na voltooiing van het product (het transport naar de klant) worden buiten beschouwing gelaten.

1.5 Leeswijze

Het verslag is opgebouwd in hoofdstukken. Iedere deelvraag wordt in een hoofdstuk beschreven. In hoofdstuk 2 wordt uitgezocht hoe de huidige productiesituatie is. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 een

literatuuronderzoek gedaan naar methoden en strategieën om de op voorraadproductie van seriematige producten zo efficiënt mogelijk in te richten, wordt beschreven uit welke factoren de doorlooptijd van een productieproces bestaat en wordt beschreven hoe de doorlooptijd gereduceerd kan worden. In hoofdstuk 4 wordt beschreven welke factoren bij Flexxolutions een negatief effect hebben op de doorlooptijd. Vervolgens wordt in hoofdstuk 5 beschreven hoe het productieproces van de Flexxomatten het meest efficiënt ingericht kan worden en wordt in hoofdstuk 6 beschreven of deze productieplek ook geschikt is voor andere seriematig op voorraad te produceren producten, zoals de Flexxotanks. In hoofdstuk 7 worden tot slot conclusies en aanbevelingen gegeven.

Hoofdstuk 2: Huidige productiesituatie

In hoofdstuk 2 wordt antwoord gegeven op deelvraag 1: Hoe ziet de huidige productie eruit? In paragraaf 2.1 wordt kort de huidige inrichting van de fabriekshal beschreven. In paragraaf 2.2 wordt het productieproces van de Flexxomat beschreven en in paragraaf 2.3 wordt globaal het productieproces van de Flexxotanks beschreven. Door middel van meelopen in de fabriek wordt kennis verkregen over de productie. Naast meelopen in de fabriek worden er ook tijden opgenomen om inzicht te krijgen in de doorlooptijd van de processen. In paragraaf 2.4 worden conclusies getrokken.

2.1 Huidige inrichting van de fabriekshal

In de huidige productiesituatie worden de Flexxomatten op een vaste productieplek geproduceerd. In figuur 2 is de inrichting van de fabriek te zien. Het rood gemarkeerde gedeelte is de huidige productieplek van de Flexxomatten. De productieplek van de Flexxomatten moet in de toekomst ook bruikbaar zijn voor de seriematige productie van andere producten. Wel is er ruimte voor uitbreiding van deze productieplek. De productie van de Flexxomatten wordt daarom uitgebreid beschreven. Voor de bepaling of de Flexxotanks in de toekomst ook op deze plek geproduceerd kunnen worden, is het belangrijk om ook het proces van de Flexxotanks te begrijpen.



Figuur 2: Plattegrond van de fabriek (bron: Flexxolutions)

In de beschrijving van de productie van de Flexxomat wordt uitgegaan van het handmatig bewerken van het materiaal. Flexxolutions beschikt ook over een snijmachine, maar deze wordt in de huidige situatie voor de Flexxomatten en Flexxotanks bijna niet gebruikt, omdat de medewerkers nog gewend zijn aan stukproductie.

2.2 Productieproces Flexxomat

Er bestaan twee varianten van de Flexxomat, de Flexxomat Transport en de Flexxomat Personen. De Transport mat is bedoeld voor het desinfecteren van de banden van vervoersmiddelen zoals heftrucks. Deze mat wordt verkocht vanaf € 695,-. De Personen mat is bedoeld voor het desinfecteren van laars- en schoenzolen van personenverkeer. Deze mat wordt verkocht vanaf € 125,-.



Figuur 3: Foto Flexxomat T (bron: Flexxolutions)

Binnen deze twee varianten is er de optie voor een vloeistoftunnel. Hiermee wordt de vloeistof vanuit de binnenkant verspreid in de mat. Als er niet voor deze optie gekozen wordt, wordt de vloeistof er handmatig vanaf de bovenkant van de mat in gegoten. De gestandaardiseerde Flexxomat wordt dus in 4 versies geproduceerd:

- De Flexxomat Transport (T) met 3 standaardformaten in millimeters:
 - L2210xB1000
 - L2210xB2000
 - L2210xB3000
- De Flexxomat Transport + Tunnel (TT) met 3 dezelfde standaardformaten als de T.

- De Flexxomat Personen (P) met 4 standaardformaten in millimeters:
 - L600 x B900
 - L900 x B900
 - L900 x B1800
 - L1800 x B1800
- De Flexxomat Personen + Tunnel (PT) met 4 dezelfde standaardformaten als de P

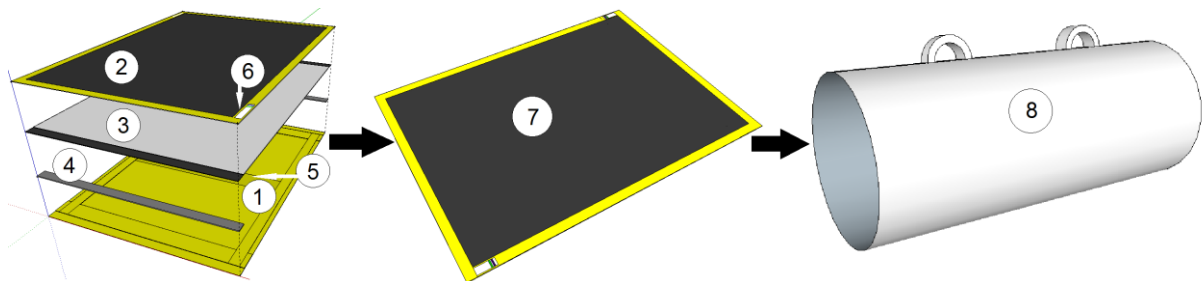
De productie van de Flexxomatten wordt uitgevoerd door een medewerker en bij drukte komt een andere medewerker helpen. Wat betreft productieapparatuur beschikt de werkplek van de matten over een tafel van 6000x2500 mm waarop geproduceerd wordt, een verplaatsbare handnaaimachine, een verplaatsbare thermische (zie bijlage 1 voor uitleg) laswagen, twee verplaatsbare thermische handlassen en een vaste hoogfrequent (zie bijlage 1 voor uitleg) lasmachine (wordt vanaf nu hf las of hf machine genoemd). Voor de tafel staat een rolhouder met een rol geel PVC (zie bijlage 1 voor uitleg) folie, een rol met soltisweefsel en een rol met viltweefsel. Ook liggen er rollen PVC folie met vier verschillende afmetingen op voorraad die qua breedte al op de goede afmetingen gesneden zijn door de leverancier. Het schuim voor de Flexxomat P en PT ligt, op maat gemaakt door de leverancier, in het magazijn.



Figuur 4: Foto Flexxomat P
(bron: Flexxolutions)

2.2.1 De Flexxomat T en TT

De productie van de Flexxomat T en TT bestaat uit een aantal verschillende stappen en halffabricaten. De halffabricaten zijn: een bodemlaag gemaakt van geel PVC folie, een viltlaag gemaakt van vilt en 2 stroken soltisweefsel, de soltisl laag gemaakt van soltisweefsel en stroken geel PVC folie, RVS (zie bijlage 1 voor uitleg) staalplaten en 2 etiketten. Bij de TT mat zit op de bodemlaag een vloei stof tunnel gemaakt van geel PVC folie. Elk deel van het productieproces is in figuur 5 aangegeven met een nummer.



Figuur 5: Het productieproces van een Flexxomat T(T)

Het proces

De bodemlaag (1)

Er wordt begonnen met het produceren van de bodemlaag. De PVC folie wordt uitgerold op de tafel en vervolgens wordt de folie afgetekend, gemarkeerd en geknipt. Om te voorkomen dat de folie gaat slijten op de plekken waar de staalplaten komen, worden er verstevigingsstukken op de bodemlaag gelast met de handlas. Vervolgens wordt er een smalle PVC folierol uit het magazijn gehaald en worden de stroken afgetekend en geknipt. Deze worden gepositioneerd en afgeplakt op de bodemlaag. Het vastplakken van de stroken aan de bodemlaag en de bodemlaag aan de tafel is nodig, omdat dit materiaal glad is en daardoor snel verschuift als de laswagen er overheen rijdt of als er met de hand onder door gelast wordt. Vervolgens worden de stroken met de thermische laswagen op de bodemlaag gelast. Tot slot wordt er gecontroleerd of de netheid van de lasnaden en de afmetingen aan de eisen voldoet. Zodra de bodemlaag klaar is, wordt deze opgerold en tijdelijk in het magazijn of op het uiteinde van de tafel neergelegd. Dit hangt af van de overige ruimte op de tafel.

De soltislaag (2)

Na het maken van de bodemlaag wordt de soltislaag, bestaande uit soltisweefsel en stroken PVC folie, geproduceerd. Het soltisweefsel wordt uitgerold op de tafel en wordt afgetekend en geknipt. Vervolgens wordt er een smalle folierol uit het magazijn gehaald en worden de stroken afgetekend en geknipt. Deze worden gepositioneerd en afgeplakt op het soltisweefsel en worden dan met de thermische laswagen op elkaar gelast. Ook hierna wordt gecheckt of er netjes gelast is en of de afmetingen kloppen. Ook deze laag wordt tot slot opgerold en tijdelijk in het magazijn of op het uiteinde van de tafel neergelegd.

De viltlaag (3)

De volgende stap is het maken van de viltlaag. Het vilt wordt geladen op de tafel en vervolgens wordt het vilt afgetekend en geknipt. Dan worden er soltisweefsel stroken uit het magazijn gehaald en geknipt en deze worden op het vilt gepositioneerd en met de handnaaimachine vastgenaaid. Tot slot wordt gecheckt of de naaistrepen goed zijn en dan gaat ook deze laag tijdelijk opgerold het magazijn in.

De RVS staalplaten (4)

Na de viltlaag moeten er twee staalplaten op maat gemaakt worden (de afmeting is afhankelijk van de maat van de mat: 930, 1930, 2930 of 3930 mm). Deze platen worden ingekocht in lengtes van 6 meter. Deze worden uit het magazijn gehaald en worden afgemeten en afgetekend op de tafel. Vervolgens wordt de plaat verplaatst naar de staalknipschaar en ermee doorgeknipt. Als dit gedaan is, wordt de staalplaat verplaatst naar de stansmachine en worden de hoeken gestanst. Dan moet de stiftslijper opgehaald worden en samen met de gestanste staalplaten verplaatst worden naar een speciale, afgelegen, plek om de hoeken af te slijpen. Dit kan niet op de werkplek gedaan worden, omdat de kleine staaldeeltjes voor lekken in de mat of in andere producten kunnen zorgen. Vervolgens worden de staalplaten weer vervoerd naar de werkplek en worden de lengtezijden afgeplakt om slijtage van de mat te voorkomen. Tot slot wordt gecheckt of de staalplaat goed afgewerkt en afgeplakt is en worden de twee staalplaten tijdelijk in het magazijn gelegd.

Flexxomat TT: De vloeistoftunnel (5)

De volgende stap wordt alleen ondernomen bij een Flexxomat TT en betreft het maken van de vloeistoftunnel. Een smalle folierol wordt uit het magazijn gehaald en wordt afgemeten, afgetekend, gemarkeerd, geknipt en er worden gaten in geponst. Vervolgens worden de lengte randen op elkaar gelegd (nu ligt de strook dus dubbelgevouwen) en worden de randen aan elkaar gehecht. Met hechten wordt bedoeld dat stukjes vast gelast worden zodat de folielagen niet meer ten opzichte van elkaar kunnen bewegen. Dan wordt de tunnel verplaatst naar de hf las en wordt de gehechte rand vast gelast met de hf las. Vervolgens wordt middels een mal de slang in de tunnel gemaakt. Dan wordt de tunnel weer verplaatst naar de tafel en wordt het uiteinde van de tunnel dichtgelast met de handlas.

De etiketten (6)

Tot slot worden er voordat de mat in elkaar gezet wordt, etiketten gemaakt. Deze etiketten worden in grote aantallen door de snijmachine gesneden. Ze hoeven alleen nog op productienummer geponst te worden, zodat kenmerken van het product later altijd terug te vinden zijn. Deze worden tot slot in de opbergkast of bij de hf las neergelegd.

De assemblage (7)

Na deze voorbereidingen wordt de mat in elkaar gemaakt. De halffabricaten worden opgehaald uit het magazijn of worden van het uiteinde van de tafel opgehaald en worden uitgerold op de tafel. Bij een TT mat wordt de vloeistoftunnel allereerst op de bodemlaag gelast met de thermische laswagen.

De volgende stappen zijn voor de T en TT mat hetzelfde. De bodemlaag wordt recht op de tafel gepositioneerd en de staalplaten worden tussen de bodemlaag en stroken gelast. Vervolgens worden de vilt laag en de soltislage op de bodemlaag gepositioneerd en gelast met de handlas. Dan wordt de mat opgerold, verplaatst naar de hf las en worden de breedtezijden van de mat gelast. De grootste laselektrode bij Flexxolutions is 750 mm. Hierdoor kan er per lasbeweging maximaal 750 mm gelast worden. De opgerolde mat moet gepositioneerd worden onder de elektrode, dan wordt de eerste las gemaakt. Vervolgens moet de mat doorgeschoven worden en weer gepositioneerd worden en dan kan de tweede las gemaakt worden, enzovoort. Als de breedte van de mat groter is dan 1000 mm moeten vervolgens de staalplaten uit de mat gehaald worden op de tafel. De reden dat de staalplaten eruit moeten, is dat de twee lengte zijanten ook in opgerolde vorm bij de lasmachine gelast moeten worden en dit kan niet als de staalplaten er nog in zitten. De medewerkers kunnen namelijk niet bij de bediening van de lasmachine komen als de mat plat ligt. Daarnaast kan de mat niet nauwkeurig gepositioneerd worden als de medewerkers verder dan een meter van de elektrode af staan. Als de staalplaten eruit zijn, moet de mat weer naar de hf las gebracht worden en worden de andere twee zijden van de mat met de hf las gelast. Ook worden in deze stap de etiketten op de zijanten gelast. Dan wordt de mat weer opgerold en bij een mat groter dan 1000 mm worden de staalplaten er weer in gedrukt. Tot slot wordt de mat afgewerkt en wordt de aansluiting van de slang erin gemaakt. Ter controle worden de gleuven voor de staalplaten gecheckt en wordt er een eindcontrole uitgevoerd door de productie leider.

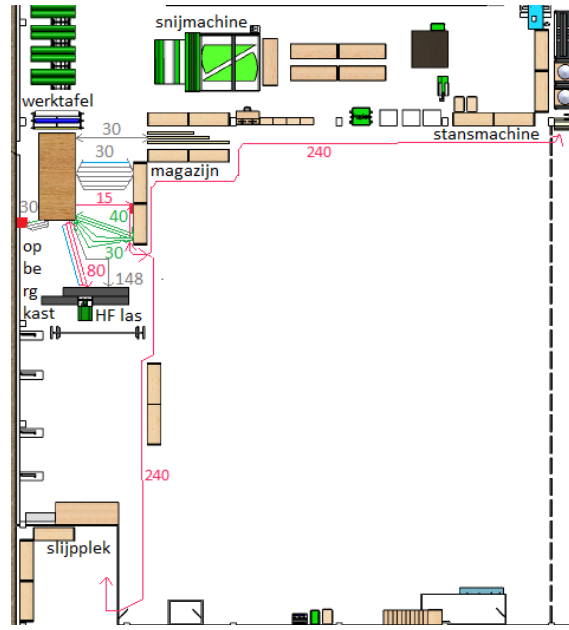
Verpakking (8)

Tot slot moet de mat gereed gemaakt worden voor transport. Hiervoor moet allereerst een transportzak afgetekend en afgeknipt worden op tafel en moeten er lussen aan deze zak genaaid worden met de handnaaimachine. Vervolgens moeten de twee staalplaten voor de lengte van de mat opgehaald worden en in beschermhoezen geschoven worden. De beschermhoezen worden afgeknipt op maat en dienen als bescherming tegen de scherpe randen van de staalplaten, zodat lekkage voorkomen wordt. Daarna wordt er een houten balk uit het magazijn gehaald, deze dient als versteviging tijdens het transport. De mat wordt vervolgens om de balk en de ingepakte staalplaten opgerold. Dan wordt het gehele pakket in de transportzak geschoven en wordt de zak dichtgeplakt, beplakt met waarschuwingsplakband en wordt de zak gemerkt met de productnaam en afmetingen. De zak wordt in het magazijn gelegd en is nu klaar voor transport naar de klant.

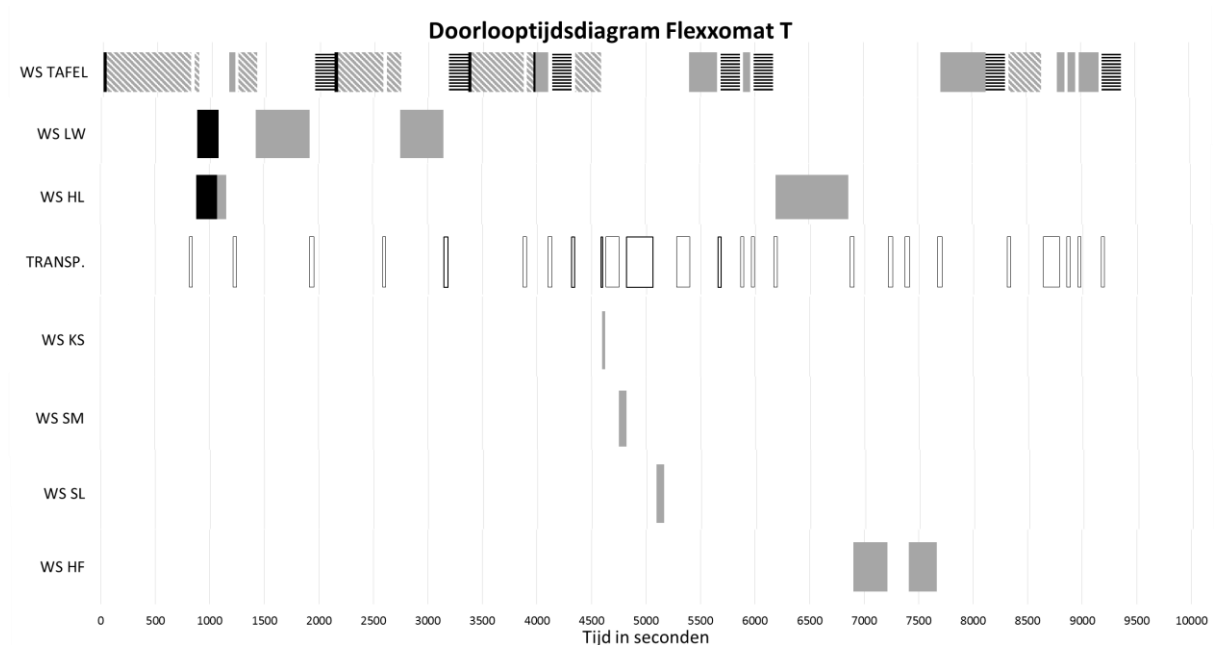
Doorlooptijd productie Flexxomat T en TT

De doorlooptijd van de productie is gebaseerd op gemiddeld drie observaties. Een beperkt aantal observaties is niet erg, omdat het productieproces redelijk constant is. De productie wordt altijd door dezelfde ervaren medewerkers uitgevoerd. Op basis van deze observaties, het timen van productiestappen en gesprekken met de productiemedewerkers is geconstateerd dat de doorlooptijd van het produceren van de Flexxomat T bij handmatige productie circa 9375 seconden (02:36:15) is en de Flexxomat TT bij handmatige productie circa 10.234 seconden (02:50:34). De getallen tussen de haakjes geven de seconden in tijdnotatie van uur:minuut:seconde aan. Dit wordt verder in het onderzoek op dezelfde manier genoteerd als het om meer dan 120 seconden gaat.

In figuur 6 is een plattegrond te zien van de productieplek van de Flexxomatten met daarin transport- en procestijden. De grijze lijnen staan voor transport van materieel, de groene lijnen staan voor transport van halffabricaten, de roze lijnen staan voor transport tussen werkstations en de blauwe lijnen staan voor transport van de vloeistoftunnel. Daarnaast is hieronder een doorlooptijdsdiagram te zien van de Flexxomat T. In de bijlage is de doorlooptijdsdiagram van de Flexxomat TT te zien. De tijden in beide figuren zijn aangeduid in seconden. Een gedetailleerde flowchart van het productieproces kan gevonden worden in bijlage 2.3.



Figuur 7: Transport productieplek Flexxomat T plattegrond



Figuur 6: Doorlooptijdsdiagram Flexxomat T, tijden zijn gebaseerd op de productie van een T 2210x2000

De zwarte vakken staan voor voorbereidingstijd, de grijs-wit diagonaal gestreepte vakken staan voor de bewerkingstijd van het afmeten-aftekenen-markeren-knippen van folie of weefsel, de overige grijze vakken staan voor overige bewerkingstijden, de zwart-wit horizontaal gestreepte vakken staan voor opruimwerkzaamheden en de witte vakken staan voor het transport van materieel. In de linker kolom staat WS voor werkstation, LW voor thermische laswagen, HL voor handlas, TRANSP. voor transport, KS voor staalknipschaar, SM voor stansmachine, SL voor slijpplek en HF voor hoogfrequent lasmachine. Uit de doorlooptijdsdiagram kan gehaald worden dat er veel getransporteerd wordt in het productieproces, dat er gedurende de productie veel voorbereid wordt en dat er veel afgemeten, afgetekend, gemarkeerd en geknipt wordt gedurende het productieproces.

2.2.2 De Flexxomat P en PT

De productie van de Flexxomat P en PT is eenvoudiger. Deze matten bestaan uit een bodemlaag van geel PVC folie, een schuimlaag en een soltisl laag.

Het proces

De halffabricaten

Allereerst worden de etiketten uit de opbergkast gehaald en geponst. Deze worden bij de hf las of bij de opbergkast neergelegd voor latere bewerking. Voor de bodemlaag moet het PVC folie worden uitgerold op de tafel, afgetekend en geknipt worden. Bij een PT mat wordt er vervolgens op deze bodemlaag een tunnel gemaakt. Deze tunnel wordt gemaakt van een PVC foliestrook, welke gehecht wordt aan de bodemlaag en vervolgens met de HF las bevestigd wordt aan de bodemlaag. In deze tunnel wordt een slang gedrukt. Na deze stap is het proces voor de P en PT mat hetzelfde. De soltisl laag wordt vervolgens geproduceerd. Het soltisweefsel en de PVC stroken worden afgetekend en geknipt, vervolgens worden ze aan elkaar gehecht en worden ze met de hf las aan elkaar gelast.

De assemblage

Na het maken van deze lagen moet de mat in elkaar gezet worden. De soltisl laag wordt aan drie kanten op de bodemlaag gehecht met de handlas. Vervolgens wordt de mat verplaatst naar de hf las. De drie gehechte kanten worden dan hoogfrequent gelast. Hierna moet het schuim uit het magazijn gehaald worden en wordt in de open zijde worden geschoven. Vervolgens wordt de laatste kant met de hf las gelast en worden ook de etiketten op de mat gelast.

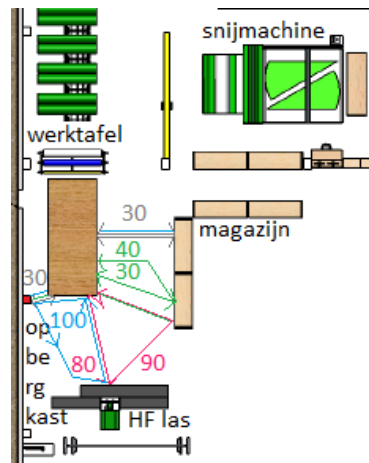
De verpakking

Tot slot moet de mat gereed gemaakt worden voor transport. Voor de P/PT matten worden op maat gemaakte transportzakken geleverd. De mat wordt hierin geschoven samen met een gebruiksaanwijzing en wordt vervolgens dichtgeplakt, beplakt met waarschuwingsplakband en gemerkt met de productnaam en afmetingen. De verpakte mat wordt tot slot in het magazijn gelegd en is nu klaar voor transport naar de klant.

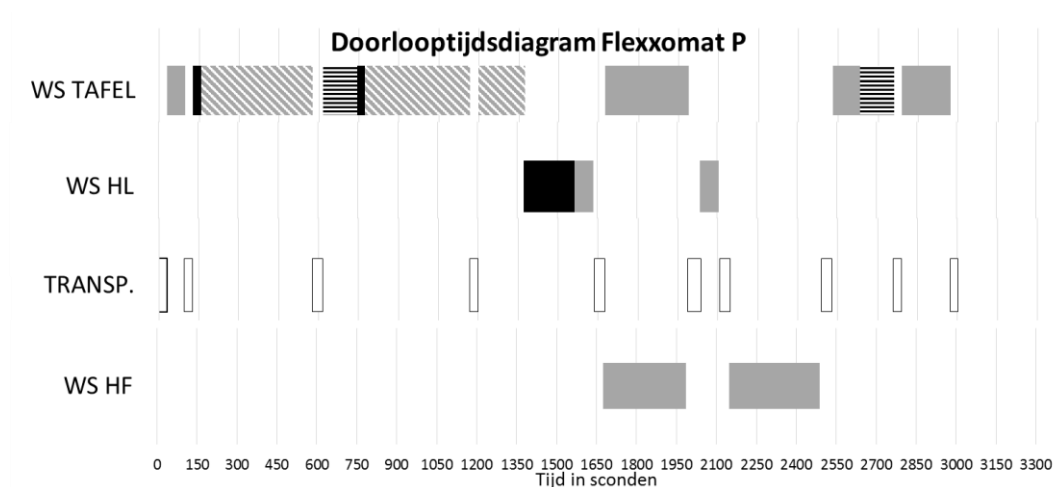
Doorlooptijd productie Flexxomat P en PT

De doorlooptijd van de productie is gebaseerd op twee observaties. Een beperkt aantal observaties is niet erg, omdat het productieproces redelijk constant is. De productie wordt altijd door dezelfde ervaren medewerkers uitgevoerd. Op basis van deze observaties, het timen van productiestappen en gesprekken met de productiemedewerkers is geconstateerd dat de doorlooptijd van het produceren van de Flexxomat P bij handmatige productie gemiddeld 3003 seconden (00:50:03) is en de Flexxomat PT bij handmatige productie gemiddeld 3542 seconden (00:59:02).

Hieronder is een plattegrond te zien van de productieplek van de Flexxomatten met daarin transport- en procestijden. De groene lijnen staan voor transport van de productie van halffabricaten en de assemblage en de oranje lijnen staan voor transport van de productie van de vloeistoftunnel. De tijden zijn aangeduid in seconden. De afkortingen en kleuren in het doorlooptijdsdiagram zijn hetzelfde ingedeeld als bij de Flexxomat T(T) hierboven. Tot slot kan een gedetailleerde flowchart van het productieproces gevonden worden in bijlage 2.4.



Figuur 8: Transport productieplek Flexxomat P/PT plattegrond



Figuur 9: Doorlooptijdsdiagram Flexxomat P, tijden gebaseerd op productie Flexxomat P 900x900

Ook uit deze doorlooptijdsdiagram kan gehaald worden dat er veel getransporteerd wordt gedurende het productieproces en dat er veel tijd besteed wordt aan het afmeten-aftekenen-markeren en knippen van materiaal.

2.3 Productieproces Flexxotank

De productie van de Flexxotank wordt uitgevoerd op de vloer. De werkplek moet allereerst schoongemaakt worden. Een tank bestaat uit een even aantal foliebanen. Ook deze banen worden handmatig afgemeten, afgetekend, gemarkeerd en geknipt. Deze worden vervolgens aan elkaar gelast met de laswagen en daarna wordt dit in een tankvorm gelast. De hoeken van de Flexxotank worden met een hoogfrequent lasmachine gelast, om lekkage in de hoeken te voorkomen. Vervolgens wordt de tank afgewerkt en wordt er een kwaliteitscontrole gedaan. De Flexxotank wordt vervolgens volgens een vouwplan opgevouwen en in een transportzak geschoven. De tanks worden aan Unicef geleverd in Flexxobladder kits. Deze kit bestaat uit een Flexxotank, een grondzeil, een metalen constructie met aftappunten, gereedschappen en een reparatiesetje. De doorlooptijd van de Flexxobladder kit is gemiddeld 6 uur en 10 minuten. Een gedetailleerde beschrijving van het productieproces is te vinden in bijlage 3.

2.4 Conclusie

Het productieproces van producten die op de huidige productieplek van de Flexxomatten geproduceerd worden, bestaat over het algemeen uit zes activiteiten: Allereerst wordt het materiaal handmatig afgetekend en geknipt. Vervolgens wordt het materiaal aan elkaar gelast of aan elkaar gehecht met een thermische laswagen of handlas. Daarna wordt er hoogfrequent gelast en vervolgens wordt het product afgewerkt. Na het afwerken wordt de kwaliteit van het product gecontroleerd en tot slot wordt het product verpakt. Doordat de te produceren producten op deze productieplek over het algemeen dezelfde activiteiten moeten doorgaan, wordt de bruikbaarheid van de productieplek voor deze producten vergroot.

Hoofdstuk 3: Theoretisch kader

Dit hoofdstuk geeft antwoord op de volgende deelvragen: Hoe kan een productieproces efficiënt ingericht worden? En uit welke factoren bestaat de doorlooptijd van een productieproces en hoe kan de doorlooptijd gereduceerd worden? In paragraaf 3.1 wordt beschreven wat standaardisatie inhoudt, wordt gekeken welke productiestrategieën en methoden er zijn en hoe een gebalanceerd lijnproces eruit ziet. In paragraaf 3.2 wordt gekeken uit welke factoren de doorlooptijd bestaat en hoe de doorlooptijd gereduceerd kan worden.

3.1 Inrichting van het productieproces

Volgens Slack(2013) is het bij het begin van het inrichten van een proces belangrijk om de kenmerken van het design goed te begrijpen. De manier hoe producten ontworpen worden heeft impact op de manier waarop een proces ontworpen wordt en vice versa. Er wordt veel aandacht aan het ontwerpen van een proces geschonken, zodat de prestatie van het productieproces past bij het doel van het bedrijf. Als het doel is om heel snel te kunnen reageren op klantaanvragen, dan moet het proces zo ingericht worden dat het korte doorlooptijden heeft. (Slack, 2013)

3.1.1 Standaardisatie

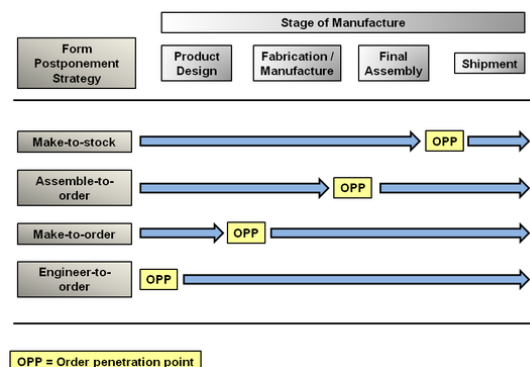
Een van de meest belangrijke doelen van het ontwerpen van een proces is te bepalen wat de mate is waarin een proces gestandaardiseerd zou moeten worden. Hiermee wordt bedoeld: het uitvoeren van een algemene vaste volgorde van activiteiten, methode en het gebruik van apparatuur. Als men altijd verschillende manieren gebruikt om hetzelfde uit te voeren, veroorzaakt dat verwarring, misverstanden en uiteindelijk inefficiëntie. (Slack, 2013)

3.1.2 Productiestrategieën

Een concept dat vaak gebruikt wordt om een productiestrategie te bepalen is door te kijken waar het klantorder ontkoppelpunt (KOOP) gepositioneerd is. (Kerckhagen, 2007)

Het KOOP is het moment in het productieproces waar het product verbonden wordt aan een order van een klant (Olhager, 2003). Er zijn vier soorten strategieën volgens Olhager:

- Make-to-stock (MTS): Het koppelen van een klantaanvraag aan een product gebeurt op het moment dat het product verzonden wordt. De producten liggen dus klaar op voorraad om verzonden te worden.
- Assemble-to-order (ATO): Het koppelen van een klantaanvraag aan een product gebeurt op het moment dat het product geassembleerd wordt. Halffabricaten liggen klaar op voorraad en worden op moment van aanvraag geassembleerd tot een kant-en-klaar product.
- Make-to-order (MTO): Het koppelen van een klantaanvraag aan een product gebeurt op het moment dat het product nog helemaal geproduceerd moet worden.
- Engineer-to-order (ETO): Het koppelen van een klantaanvraag aan een product gebeurt op het moment dat het product nog ontworpen moet worden.

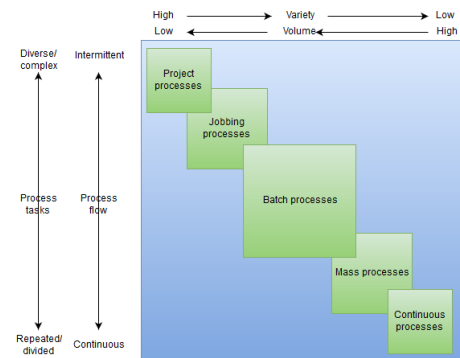


Figuur 10: Productiestrategieën & OPP(=KOOP) (bron: Olhager, 2007)

3.1.3 Productiemethoden

Een van de belangrijke dingen bij het inrichten van een proces is de afweging tussen de variëteit van het product en het volume waarin het product geproduceerd wordt. De volgende 5 productieprocessen kunnen toegepast worden (Slack, 2013):

- Projectproces: Dit zijn discrete, meestal klant georiënteerde producten. Elk product is anders dan de ander. Deze producten hebben vaak een relatief lang tijdsbestek tussen de aanvraag en de voltooiing van het product. Projectprocessen gaan gepaard met een laag volume en een hoge variëteit.
- Jobbing proces: Ook dit proces is bedoeld voor producten met een hoge variëteit en een laag volume. Het verschil echter met een project proces is dat de resources bij een project proces speciaal voor dat project of product ingeschakeld zijn en bij een jobbing proces moet elk product de resources van het bedrijf delen met vele andere producten.
- Batchproces: Dit proces lijkt op het jobbing proces, maar het heeft niet hetzelfde niveau van variëteit. Batchprocessen produceren altijd meer dan 1 item per keer. Elk deel van het proces heeft periodes waarin het zichzelf herhaalt (elk product ondergaat dezelfde handeling).
- Massaproces: Dit proces wordt toegepast bij producten met een hoog volume en een relatief lage variëteit. De activiteiten van massa processen zijn vaak repetitief en erg voorspelbaar.
- Continu proces: Dit proces wordt toegepast bij producten met nog een hoger volume en nog een lagere variëteit. Deze processen gaan vaak dag en nacht door en de producten die geproduceerd worden zijn vaak onafscheidelijk.



Figuur 11: Productieprocessen (bron: Slack, 2013)

3.1.4 De lay-out van het proces

De lay-out van een proces laat volgens Slack zien hoe verschillende resources gepositioneerd zijn ten opzichte van elkaar en hoe verschillende taken aan deze resources toegewijd zijn. Het is belangrijk om de lay-out van een proces doordacht in te richten, omdat een slechte lay-out kan zorgen voor lange doorlooptijden, te veel transport en hoge kosten. Ruwweg zijn er vier soorten lay-outs van een proces:

- Vaste-positie lay-out: In deze lay-out bewegen de materialen niet, maar de machinerie en de apparatuur. Dit gebeurt bij de productie van hele grote producten die te zwaar zijn om te bewegen.
- Functionele lay-out: Dezelfde resources of processen worden in deze lay-out bij elkaar gezet. Deze lay-out wordt toegepast bij een proces met verschillende producten, welke allemaal verschillende handelingen moeten doorgaan. Ieder product volgt zijn eigen route naar de resources.
- Cel lay-out: In deze lay-out worden cellen gemaakt, waar alle resources in een cel bij elkaar staan. Een product wordt van tevoren in een cel ingedeeld en daar wordt het product helemaal bewerkt.
- Productielijn lay-out: Deze lay-out wordt gebruikt voor processen met producten die hoofdzakelijk dezelfde handelingen in dezelfde volgorde moeten doorgaan.

Bij een productielijn lay-out is het belangrijk om te bepalen hoeveel fases er nodig zijn. Dit hangt af van de benodigde cyclustijd en de totale hoeveelheid werk benodigd bij de productie, dit wordt de Total Work Content genoemd. Het aantal fases kan berekend worden door de Total Work Content te delen door de benodigde cyclustijd. Het toewijzen van evenveel werk aan elke fase bevordert de flow en

voorkomt bottlenecks. Bij het balanceren van een lijnproces wordt het product van fase naar fase, waarbij iedere fase een werkstation is. Idealiter hebben alle fases een gelijke doorlooptijd (Slack, 2013).

3.2 De doorlooptijd van een productieproces

In deze paragraaf wordt beschreven uit welke factoren de doorlooptijd van een productieproces bestaat en naar manieren om deze doorlooptijd te reduceren. Het reduceren van de doorlooptijd van een proces heeft als doel om sneller te kunnen reageren op aanvragen van klanten en om kosten te reduceren. Dit kan zorgen voor een voorsprong op concurrentie, omdat het product sneller geleverd kan worden en de verkoopprijs hierdoor wellicht lager kan worden.

3.2.1 De doorlooptijd in het productieproces

De doorlooptijd van een product is volgens Johnson gedefinieerd als: de tijdsduur tussen het ontvangen van de order in de productie en het kant en klare product dat gereed is voor transport naar de klant. De doorlooptijd wordt gezien als MTTP: Manufacturing Throughput Time per Part (Johnson, 2003). Er zal in deze paragraaf gesproken worden over werkstations, dit is of een machine die de werkzaamheden uitvoert of een werkplek waar een medewerker de werkzaamheden uitvoert. De volgende factoren bepalen de MTTP:

- **Bewerkingstijd:** Dit is de tijd dat een (deel)product bewerkt wordt bij een werkstation.
- **Productie- en transfer batchgroottes:** Productie batchgrootte is het aantal onderdelen van hetzelfde type dat wordt bewerkt voordat het werkstation voorbereid wordt voor een ander onderdeel. De transfer batchgrootte is het aantal onderdelen dat tegelijkertijd wordt getransporteerd naar het volgende werkstation. Door het produceren in batches ontstaan er “wacht-op-serie tijden”. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat er meerdere producten in een werkstation gemaakt worden. De doorlooptijd van dat werkstation voor één product is zijn eigen bewerkingstijd plus de wachttijd op de andere producten totdat ze bewerkt zijn.
- **Vorbereidings- en transporttijden:** De voorbereidingstijd is de tijd die gaat naar het voorbereiden (instellen, voorbereiden, schoonmaken) de werkstations. Transporttijd is de tijd die een product nodig heeft om van het ene naar het andere werkstation te komen. De transporttijd van een product is de som van de transporttijden.
- **Variabiliteit in het proces:** Er bestaat controleerbare variabiliteit en willekeurige variabiliteit. Controleerbare variabiliteit wordt veroorzaakt door onder andere verschillen in omsteltijd, beslissingen voor wat betreft de productie- en transfer batchgroottes en beslissingen voor wat betreft het ontwerp van productie- en opslagplekken. Willekeurige variabiliteit wordt veroorzaakt door activiteiten die niet door een bedrijf gecontroleerd kunnen worden. Er kan een bijvoorbeeld een machine kapot gaan. Een grote variabiliteit veroorzaakt wachtende producten en dus wachttijden.
- **Bezetting van de werkstations:** Variabiliteit in het productieproces heeft minder impact op de wachttijd als de bezetting van een werkstation laag is dan wanneer de bezetting van een werkstation hoog is. Als de bezetting toeneemt, is de kans groter dat een batch lang moet wachten om bewerkt te worden.

3.2.2 Het reduceren van de doorlooptijd

Het reduceren van de bovenstaande factoren heeft als resultaat dat de totale doorlooptijd van een productieproces gereduceerd wordt. Er wordt per factor beschreven hoe de tijd gereduceerd kan worden.



Een reductie in de voorbereidingstijd

Deze reductie kan behaald worden door de tijd per voorbereiding te reduceren of om het aantal voorbereidingen te reduceren (Johnson, 2003).

- De tijd per voorbereiding kan gereduceerd worden door apparatuur te kopen met een korte voorbereidingstijd, door de voorbereidingsprocedure te verbeteren, werkstations toe te wijden aan een familie of door (deel)producten met dezelfde voorbereidingseisen te combineren.

Een reductie in de bewerkingstijd per product

Een reductie in de bewerkingstijd per product kan behaald worden door het aantal benodigde handelingen te verminderen, door een nieuw design van een onderdeel zodat het minder productiehandelingen nodig heeft en het reduceren van verspillingen en fouten in de productie. Op het reduceren van verspillingen en fouten wordt verder niet ingegaan (Johnson, 2003).

- Het reduceren van het aantal benodigde handelingen kan behaald worden door het toepassen van nieuwe technologie die meerdere handelingen in een keer kan uitvoeren.
- Een nieuw design kan de bewerkingstijd verlagen als het minder bewerking nodig heeft, als er snellere technologie toegepast wordt om een (deel)product te bewerken of door arbeid toe te wijden aan een productfamilie of productdelen die dezelfde bewerking vereisen. Toewijding van arbeid zorgt ervoor dat medewerkers meer bekend worden met een (deel)product, waardoor de hoeveelheid tijd die gespendeerd wordt aan het lezen van blauwdrukken, het instellen en omstellen van machines en het uitvoeren van kwaliteitsinspecties gereduceerd kan worden.

Een reductie in de transporttijd

Een reductie in de transporttijd kan behaald worden door het reduceren van de tijd die nodig is om een (deel)product te transporteren of door het reduceren van het aantal transporthandelingen (Johnson, 2003).

- Het reduceren van de tijd die nodig is om een (deel)product te transporteren kan bereikt worden door het verhogen van de snelheid van vervoersmiddelen die gebruikt worden bij het transport of door het reduceren van de afstand tussen werkstations en andere plekken waar naar getransporteerd moet worden.
- Het aantal transporthandelingen kan gereduceerd worden door het groeperen van werkstations die bepaalde handelingen in een vaste volgorde uit moeten voeren in productie cellen.

Een reductie in de wachttijd

Een reductie in de wachttijd kan onder andere behaald worden door een reductie in de bezetting van een werkstation. Dit kan gedaan worden door het toevoegen van apparatuur of door het toevoegen van arbeid, of door de voorbereidings- en bewerkingstijd van een werkstation te reduceren. (Johnson, 2003)

3.3 Conclusie

Het is belangrijk om een vaste strategie, methode en volgorde van activiteiten te hanteren om een proces zo efficiënt mogelijk te laten verlopen. De strategie wordt bepaald door het order penetration point. De methode wordt bepaald door de mate van variëteit en volume van een product en de lay-out van een proces wordt bepaald door producteigenschappen. De doorlooptijd wordt tot slot bepaald door 5 factoren. Deze factoren kunnen allen op hun eigen manier gereduceerd worden en bijdragen aan en kortere doorlooptijd. Een kortere doorlooptijd kan zorgen voor een kortere levertijd en lagere productiekosten.

Hoofdstuk 4: Factoren die leiden tot een negatief effect op de doorlooptijd van de productie

De productieplek van de Flexxomatten moet in de toekomst gaan dienen als productieplek voor alle seriematig te produceren producten, daarom worden factoren die de doorlooptijd van de Flexxomatten negatief beïnvloeden uitgebreid beschreven. Dit hoofdstuk is opgedeeld in drie paragrafen met elk de vijf factoren die door Johnson bepaald zijn. De eerste paragraaf betreft de huidige productie van de Flexxomatten waarin alle materialen handmatig geknipt worden. In de tweede paragraaf worden de implicaties benoemd die bij het gebruik van de snijmachine aanwezig zijn. De genoemde tijden zijn gebaseerd op de productie van een Flexxomat T 2210x2000. In bijlage 4 zijn de gespecificeerde tijden van de andere Flexxomatten te vinden.

4.1 De vijf factoren bij het handmatige productieproces van de Flexxomatten

De vijf factoren die uit de theorie van Johnson afgeleid kunnen worden betreffen de variabiliteit in een productieproces, de voorbereidings- en transporttijd, de bewerkingstijd, de bezetting van werkstations en de productie- en transferbatchgroottes. Deze factoren worden allemaal in een aparte alinea beschreven.

4.1.1 Factor variabiliteit in het proces

Variabiliteit in het proces zorgt ervoor dat de productie niet 100% bezet kan zijn. Verschillen in ontwerpen van producten kunnen ervoor zorgen dat machines omgesteld moeten worden, dat er ander materiaal nodig is enzovoort. Een te grote variabiliteit kan daardoor een negatief effect hebben op de doorlooptijd. In de huidige situatie worden de Flexxomat T(T) en de Flexxomat P(T) als verschillende productieprocessen gezien. De variabiliteit tussen de P(T) en de T(T) mat zorgt daarom niet voor een negatief effect op de doorlooptijd. De optie voor een vloeisoftunnel in de mat (de Flexxomat TT en PT) zorgt wel voor variabiliteit in het T proces en in het P proces. Dit heeft een negatief effect op de doorlooptijd.

4.1.2 Factor voorbereidings- en transporttijd

Vorbereidings- en transporttijden zijn in dit onderzoek samengenomen, omdat in de huidige productie vaak onderdelen ten behoeve van voorbereiding van en naar het magazijn getransporteerd worden. In de huidige productie worden voorbereidingswerkzaamheden als het ophalen van materieel en het opwarmen en instellen van machines of apparaten pas gedaan zodra het materieel nodig is.

De lasapparaten worden pas opgewarmd als ze nodig zijn, dit duurt gemiddeld 192 seconden (00:03:10). Doordat de apparaten pas opgewarmd worden als ze nodig zijn, ligt de productie ook 192 seconden stil. Dit zorgt voor een negatief effect op de doorlooptijd.

De totale tijd die gebruikt wordt als voorbereiding om materieel op te halen uit het magazijn of uit de opbergkasten is gemiddeld 418 seconden (00:06:58). Het materiaal wordt pas opgehaald als het nodig is, waardoor vaak op en neer naar het magazijn gelopen wordt. Daarnaast beschikken de productiemedewerkers niet over een rijtafel of kar waarop het materieel neergelegd kan worden. Het vaak op en neer lopen naar het magazijn zorgt voor een negatief effect op de doorlooptijd.

Vervolgens worden opruimwerkzaamheden op dezelfde manier uitgevoerd. Doordat er geen plek is waar het materieel tijdelijk neergelegd kan worden en de werktafel schoon moet blijven voor de productie, worden tussendoor opruimwerkzaamheden uitgevoerd zoals het opruimen van materieel in de kasten of het magazijn en het weggooien van afval. De totale tijd die hiervoor gebruikt wordt is gemiddeld 840 seconden (00:14:00). Ook dit zorgt voor een negatief effect op de doorlooptijd.

Tot slot moeten halffabricaten zoals de bodemlaag, de soltislaga, de viltlaag, de etiketten en de staalplaten tijdelijk ergens neergelegd worden, omdat er op, naast of onder de werktafel geen plek is voor opslag. In de huidige productie worden deze halffabricaten daarom in het magazijn gedeelte gelegd dat normaal alleen gebruikt wordt voor de opslag van de op maat gemaakte staalplaten. De totale tijd die op dit moment gaat naar het wegbrengen naar en het ophalen uit het magazijn van de halffabricaten is gemiddeld 240 seconden (00:04:00). Doordat er bij de productieplek geen ruimte is en er daarom getransporteerd moet worden, heeft deze tijd een negatief effect op de doorlooptijd.

Het overige transport vindt plaats tussen de werkstations. Dit betreft het pad van de werktafel naar de stansmachine en weer terug, het pad van de werktafel naar de slijpplek en weer terug en diverse keren van de werktafel naar de hf las en terug. De totale tijd die hiervoor gebruikt wordt is gemiddeld 655 seconden (00:10:55). De stansmachine en de slijpplek voor het produceren van de staalplaten liggen ver van de productieplek af, hierdoor heeft deze transporttijd een negatief effect op de doorlooptijd. De totale transporttijd voor het produceren van de staalplaten is gemiddeld 555 seconden (00:09:15). Ook het transport van en naar de hf lasmachine kost moeite en tijd. De mat moet opgerold worden en vervolgens een eind getild of op een lange smalle rijtafel verplaatst worden. Op deze tafel passen maximaal drie rollen naast elkaar. Het duurt daardoor ten eerste lang om de mat te verplaatsen en ten tweede kunnen er maar een paar matten tegelijk verplaatst worden. Dit heeft een negatief effect op de doorlooptijd.

Overige voorbereidingen betreffen het uitrollen van folie- en weefselrollen, het voorbereiden van de naaimachine en de stiftslijper, het schoonvegen van de slijpplek en kleine overleggen met de productie leider of andere medewerkers. De totale tijd die hiervoor gebruikt wordt is gemiddeld 666 seconden (00:11:06). Ook deze werkzaamheden hebben een negatief effect op de doorlooptijd.

Samenvattend is hieronder in tabel 1 te zien wat de voorbereidings- en transporttijden zijn.

Tabel 1: Voorbereidings- en transporttijden productie Flexxomat T

Waarvoor wordt de voorbereidings- en transporttijd besteed?	Uur:min:sec	In % van totaal
Opwarmen apparatuur	00:03:12	5,9%
Materieel van en naar het magazijn/opbergkast	00:06:58	12,8%
Opruimwerkzaamheden	00:14:00	25,7%
Wegbrengen en ophalen halffabricaten	00:04:00	7,3%
Transport tussen werkstations	00:10:55	19,6%
Overige voorbereidingen	00:11:06	28,7%
- Uitrollen folie en weefsel rollen	00:01:30	11,0%
- Voorbereiding naaimachine	00:00:20	0,6%
- Voorbereiding stiftslijper	00:00:30	0,9%
- Schoonvegen slijpplek	00:02:00	3,6%
- Overleg productie leider	00:06:46	12,4%
Totaal	00:50:11	100%

De totale doorlooptijd van de productie van een Flexxomat T is 9375 seconden (02:36:15). Er gaan, zoals te zien in tabel 2, 3011 seconden (00:50:11) naar het voorbereiden en transporteren per mat. Dit is 32,1% van de doorlooptijd.

4.1.3 Factor bewerkingstijd

De bewerkingstijd is de tijd dat een product bewerkt wordt in een werkstation. De bewerkingstijden van het productieproces van de Flexxomatten zullen beschreven worden in chronologische volgorde van de productie.

Bewerkingstijd van het afmeten, aftekenen, markeren en knippen

Zoals eerder beschreven worden alle materialen handmatig geknipt. Zoals te zien is in de doorlooptijdsdiagrammen gaat er bij de productie van de halffabricaten bodemlaag, soltislaga, viltlaag en de transportzak een groot deel van de productietijd naar het afmeten, aftekenen, markeren en knippen. De bewerkingstijd die gaat naar deze werkzaamheden is in totaal gemiddeld 2328 seconden (00:38:48). Dit is een inefficiënte stap in het productieproces, omdat Flexxolutions over een snijmachine beschikt die voor een veel kortere doorlooptijd zorgt, mits de productie van de snijmachine goed georganiseerd wordt. De snijmachine zuigt het te snijden materiaal vast aan de snijtafel. Hierdoor blijft het materiaal stil liggen en kan er met hoge nauwkeurigheid gesneden worden.

De bewerkingstijd van de handmatige mogelijkheid om af te meten, af te tekenen, te markeren en te knippen heeft een negatief effect op de doorlooptijd, omdat het geautomatiseerd uitvoeren van deze bewerkingen een kortere bewerkingstijd heeft. Dit wil echter niet zeggen dat de totale doorlooptijd van het geautomatiseerd uitvoeren van deze productiestap altijd korter is. Men heeft hier, zoals in de bovenstaande paragraaf beschreven, namelijk te maken met een langere voorbereidings- en transporttijd. In paragraaf 4.2 wordt hier verder op ingegaan.

Bewerkingstijd van het thermisch lassen met de laswagen en de handlas

Het thermisch lassen wordt uitgevoerd op de werktafel. Zoals in paragraaf 2.1 beschreven is, moet het te lassen materiaal recht op elkaar gepositioneerd en afgeplakt worden. Het positioneren, vastplakken en weer loshalen van tape neemt tijd in beslag, terwijl deze handelingen uiteindelijk geen waarde toevoegen aan het product. Het positioneren en vastplakken heeft dus een negatief effect op de doorlooptijd. De totale doorlooptijd van het thermisch lassen met laswagen en de handlas inclusief het positioneren en vastplakken van het materiaal aan de werktafel is gemiddeld 1673 seconden (00:27:53).

Bewerkingstijd van overige werkzaamheden op de tafel

Verdere werkzaamheden betreffen het naaien, het ponsen, het afwerken van de mat en het inpakken voor transport. De totale bewerkingstijd van deze werkzaamheden is 915 seconden (00:15:15).

Bewerkingstijd van de staalplaten

In paragraaf 2.1.1 wordt beschreven hoe de staalplaten bewerkt worden. Het afmeten en aftekenen neemt gemiddeld 240 seconden (00:04:00) voor twee staalplaten per mat in beslag. Daarnaast nemen de handelingen die nodig zijn bij een mat groter dan 1000 mm voor wat betreft het verwijderen en weer invoegen van de staalplaten veel tijd in beslag, namelijk gemiddeld 322 seconden (00:05:22). Deze handelingen voegen geen waarde toe aan het product, daarom hebben deze handelingen een negatief effect op de doorlooptijd. De totale tijd die gebruikt wordt voor het bewerken van de staalplaten is 666 seconden (00:11:06).

Bewerkingstijd van het hoogfrequent lassen

De bewerkingstijd van het hoogfrequent lassen bestaat voornamelijk uit het verschuiven en positioneren van de mat onder de elektrode. In de huidige productie wordt een hoogfrequent lasmachine gebruikt die een maximale elektrode lengte en daarmee een maximale laslengte heeft van 750 millimeter. Voor de lasmachine staat de smalle lange tafel waarop de mat onder de laselektrode doorgeschoven kan worden. De totale tijd die gebruikt wordt voor het hf lassen van het product is gemiddeld 570 seconden (00:09:30). De hf machine heeft een vast aantal seconden dat het nodig heeft om een las te maken. De totale tijd die gebruikt wordt voor het pure lassen is gemiddeld 135 seconden (00:02:15). Dit betekent dat het pure lassen slechts 23,7% van de totale lastijd in beslag neemt. Het verschuiven en nauwkeurig positioneren van de mat onder de lasmachine, het heen en weer transporteren naar de werktafel in verband met het verwijderen en weer inschuiven van de staalplaten,

het verwijderen en het inschuiven van de staalplaten en de relatief kleine elektrode zorgen voor een negatief effect op de doorlooptijd van het productieproces. Daarnaast is uit gesprekken met medewerkers bij Flexxolutions gebleken dat de hoogfrequent lasmachine verouderd is. De totale tijd die gebruikt wordt voor het hf lassen is 570 seconden plus 242 seconden voor het verwijderen en weer invoegen van de staalplaten is 812 seconden (00:13:32).

Samenvattend is in de tabel hieronder te zien wat de gemiddelde bewerkingstijden per productiehandeling zijn:

Tabel 2: Bewerkingstijden per werkzaamheid Flexxomat T

Waaraan wordt de bewerkingstijd besteed?	Uur:min:sec	In % van totaal
Afmeten, aftekenen, markeren en knippen	00:38:48	36,6%
Thermisch lassen met de laswagen of handlas	00:27:23	25,8%
Overige werkzaamheden	00:15:15	14,4%
- Naaïen	00:03:35	3,4%
- Ponsen	00:01:24	1,3%
- Afwerken mat	00:04:53	4,6%
- Inpakken voor transport	00:05:23	5,1%
Staalplaten bewerken	00:11:06	10,5%
HF lassen (inclusief verwijderen/invoegen staalplaten)	00:13:32	12,8%
Totale bewerkingstijd	01:46:04	100,0%

4.1.4 Factor bezetting van de werkstations

De bezetting van een workstation zorgt bij Flexxolutions niet voor grote wachttijden, omdat de huidige productie gebaseerd is op stukproductie en er weinig variabiliteit is in de procestijden. Deze factor is daarom niet van toepassing in dit onderzoek.

4.1.5 Factor productie- en transfer batchgroottes

De productie en transfer batchgroottes zijn in de huidige productie erg variabel. De productiemedewerkers zijn gewend aan het produceren van enkelstuks, omdat alle andere producten bij Flexxolutions voornamelijk in stuks geproduceerd worden. Er wordt gemaakt wat per order aangevraagd wordt, gebaseerd op het produceren per stuk. Ook het transporteren van (deel)producten is dus gebaseerd op enkelstuks. Dit heeft een negatief effect op de doorlooptijd, omdat er op deze manier geen schaalvoordelen behaald kunnen worden.

4.2 De vijf factoren bij gebruik van de snijmachine

In de huidige productie worden alle materialen handmatig geknipt, echter beschikt Flexxolutions ook over een snijmachine. Deze wordt in de huidige productie van de Flexxomatten, uitgezonderd voor het snijden van etiketten, niet gebruikt, omdat de medewerkers van de productie nog gewend zijn aan stukproductie en het produceren van één mat eenvoudiger en sneller handmatig kan. Echter, de snijmachine zou ook geschikt kunnen zijn voor het afmeten, aftekenen, markeren en snijden van het folie en weefsel.

4.2.1 Factor voorbereidings- en transporttijd

De voorbereidingstijd bij de snijmachine bestaat uit twee delen: het instellen van de computer en het omstellen van de machine. Het instellen van de computer houdt in dat de juiste snijtekeningen geladen moeten worden op de snijcomputer. Deze snijtekeningen moeten de juiste naam, afmetingen en

hoeveelheid te snijden stuks bevatten. In de huidige productie is dit heel vaak niet het geval. Het kost tijd om een nieuwe tekening te maken of de tekening aan te passen, dit heeft een negatief effect op de doorlooptijd.

Het omstellen van de machine houdt in dat de juiste folie op de snijmachine geladen moet worden. In de huidige productie zit een houder voor één rol op de machine. Als deze rol leeg is, moet er een nieuwe rol opgehangen worden met de takelmaschine. Deze rol kan van achter de snijmachine komen (hier ligt een kleine voorraad van circa 3-6 rollen van verschillende soorten folie) of de rol moet uit het magazijn gehaald worden.

Bij het gebruikmaken van de snijmachine komt extra transport kijken. Het gesneden materiaal moet namelijk van de snijmachine naar de productieplek getransporteerd worden. Hier zijn bakken voor bij Flexxolutions. Vervolgens moeten de materialen uit de bakken gehaald worden en opgerold als opslag neergelegd worden. De tijd voor het pakken en oprollen van het materiaal is afhankelijk van de batchgrootte. Dit is gemiddeld 10 seconden per stuk.

Er kunnen zich, afhankelijk van de verschillende voorbereidingsmogelijkheden 6 situaties voordoen. De meest efficiënte voorbereidingssituatie is dat de snijtekening klopt en het folie op de snijmachine zit. Deze voorbereiding duurt 316 seconden (00:05:16). De rest van de mogelijkheden zorgt voor een negatief effect op de doorlooptijd. Hieronder in tabel 4 staan de vijf mogelijkheden die een negatief effect op de doorlooptijd hebben met de verloren tijd in seconden die deze mogelijkheden met zich meebrengen en de transporttijd van de snijmachine naar de productieplek.

Tabel 3: Situaties voorbereiding snijmachine, tijdnootatie in uur: minuut: seconde

Situatie	Verloren tijd
Snijtekening aanpassen of (op)nieuw maken [F] en folie uit magazijn halen [M]	00:21:19
Snijtekening aanpassen of (op)nieuw maken [F] en folie ligt achter snijmachine [A]	00:13:00
Snijtekening aanpassen of (op)nieuw maken [F] en folie zit op de snijmachine [O]	00:08:04
Snijtekening klopt [G] en folie uit magazijn halen [M]	00:13:15
Snijtekening klopt [G] en folie ligt achter snijmachine [A]	00:04:56
Transporttijd	00:02:00
Pakken en oprollen voor opslag bij 85 stuks	00:14:10

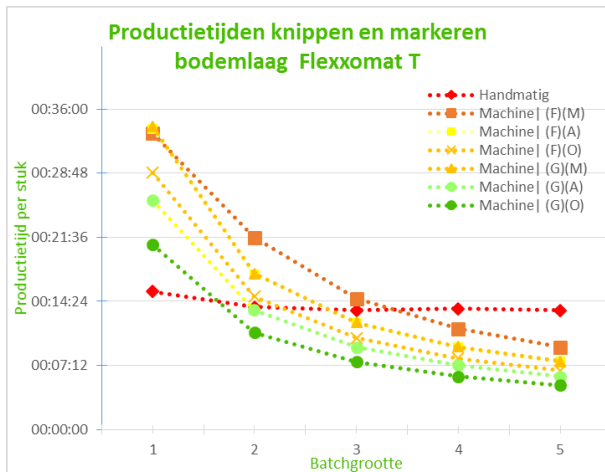
De letters tussen de haakjes [] hierboven zijn in figuur 12 en 13 op de volgende pagina afkortingen voor de verschillende voorbereidingssituaties die in tabel 4 beschreven worden. De meest efficiënte situatie: snijtekening klopt en folie ligt op de snijmachine wordt in deze figuren aangegeven als [G][O].

4.2.2 Factor bewerkingstijd

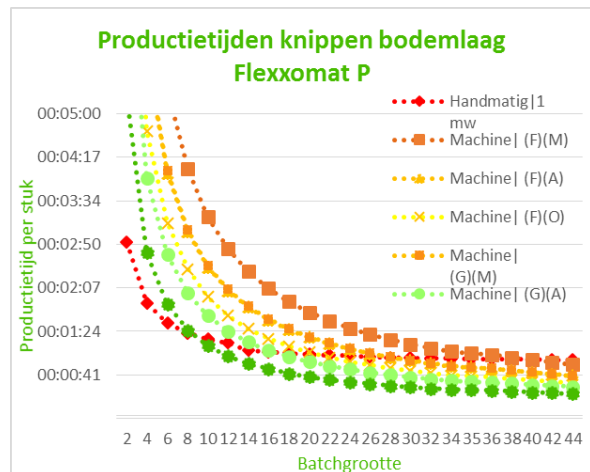
De bewerkingstijd van de snijmachine zorgt niet voor een negatief effect op de doorlooptijd van het productieproces.

4.2.3 Factor productie- en transferbatchgrootte

De minimale productie- en transfer batchgrootte van de snijmachine is het aantal matten waarbij het efficiënter is om geautomatiseerd te bewerken dan handmatig te bewerken. De berekeningen zijn te zien in bijlage 5. In figuren 12 en 13 is te zien dat uitgaande van de beste voorbereidingssituatie [G][O], het efficiënter is om op de snijmachine te bewerken vanaf een batchgrootte van 2 voor een Flexxomat T(T) en voor een Flexxomat P(T) vanaf 8. De reden voor dit verschil is dat bij de Flexxomat T ook markeringen op de bodemlaag moeten komen voor de stroken die de staalplaten op hun plek moeten houden. Het handmatig markeren kost meer tijd dan het geautomatiseerd markeren, daarom is bij de Flexxomat T(T) het al efficiënter vanaf een batchgrootte van 2.



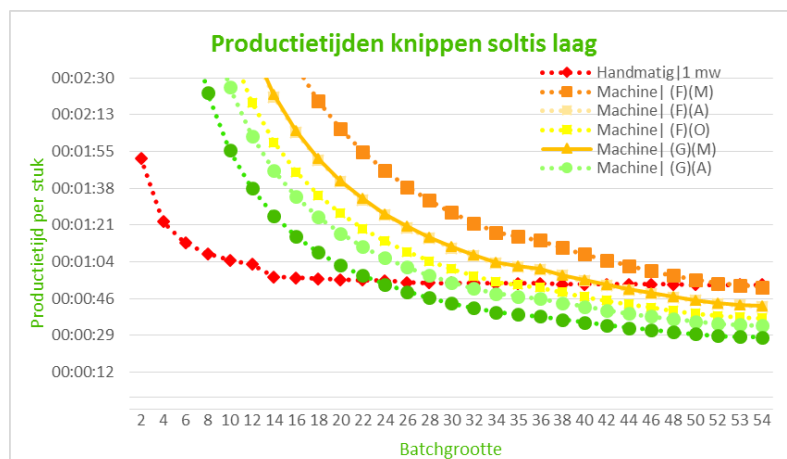
Figuur 12: Productietijden gebaseerd op testen met 10 x Flexxomat T 2210x2000



Figuur 13: Productietijden gebaseerd op tijden soltweefsel 50 x Flexxomat P 900x900

Voor het bepalen van de minimale productie batchgrootte van het soltweefsel voor de snijmachine, zijn er op de snijmachine 50 soltweefsel lagen van de Flexxomat P 900*900 mm gesneden. De handelingen die nodig zijn om het soltweefsel gereed te maken, zijn voor alle maten van de P, PT, T en TT mat hetzelfde. De bewerkingstijd kan wel variëren in verband met de verschillende afmetingen, maar de verhouding tussen het geautomatiseerd en het handmatig bewerken blijft hetzelfde. Er wordt daarom aangenomen voor alle soorten matten dat het minimale aantal stuks vanaf wanneer het efficiënter is om geautomatiseerd te snijden gelijk is aan het aantal wat uit de berekeningen komt bij de Flexxomat P 900x900.

Zoals te zien in figuur 14 is, uitgaande van de optimale situatie van de voorbereiding van de snijmachine, de minimale batchgrootte voor het geautomatiseerd bewerken van het soltweefsel 22.



Figuur 14: Productietijden gebaseerd op testen met de Flexxomat P 900x900

De reden voor het grote verschil in batchgrootte tussen het maken van de bodemlaag en het soltisweefsel is dat voor het geautomatiseerd bewerken van het soltisweefsel extra handelingen nodig zijn. Het soltisweefsel is zoals eerder beschreven luchtdoorlatend, waardoor het niet goed zuigt op de snijmachine. Er moet daarom een extra (luchtdichte) rol folie op de snijmachine geladen worden zodat het soltisweefsel toch goed vast op de bodem ligt en gesneden kan worden. Als de machine dan klaar is met snijden, liggen er behalve de gesneden stukken soltisweefsel, ook gesneden stukken van de extra luchtdichte folie. Deze stukken moeten uit de bakken gehaald worden en weggegooid worden. Dit zorgt ervoor dat de voorbereidings- en opruimwerkzaamheden meer tijd in beslag nemen dan bij de bodemlaag.

De transfer batchgrootte van de snijmachine is gelijk aan de productiebatchgrootte, omdat het gesneden materiaal in een bak terecht komt en vervolgens getransporteerd wordt naar de productieplek.

4.4 Conclusie

De volgende conclusies kunnen getrokken worden voor wat betreft de doorlooptijd van de productie:

- Het handmatig aftekenen en knippen van materiaal is inefficiënt, omdat Flexxolutions beschikt over een snijmachine die bij batchgroottes vanaf respectievelijk 2, 8 en 22 voor de bodemlaag T, bodemlaag P en de soltislagen voor de P en T zorgt voor een kortere doorlooptijd. Daarnaast wordt er in de huidige situatie per stuk afgetekend en geknipt. De totale tijd per mat die gebruikt wordt het aftekenen en knippen van bodemfolie voor de bodemlaag en soltisweefsel en PVC stroken voor de soltislagen is gemiddeld 1393 seconden (00:23:13), waarvan 90 seconden gebruikt wordt voor het voorbereiden van de rollen folie.
- Het hoogfrequent lassen neemt veel tijd in beslag, omdat er veel getransporteerd, verschoven en gepositioneerd moet worden. De totale tijd die gebruikt wordt voor het hoogfrequent lassen van een mat is gemiddeld 972 seconden (00:16:12), waarvan 160 seconden (00:02:40) naar het transport tussen de werktafel en de machine, 242 seconden (00:04:02) naar het verwijderen en weer invoegen van de staalplaten en 570 seconden (00:09:30) naar het lassen van de mat.
- Het transporteren van de staalplaten neemt veel tijd in beslag, omdat de werkstations ver uit elkaar staan. Deze transporttijd is per mat gemiddeld 555 seconden (00:09:15).
- Het afmeten en aftekenen van de staalplaten neemt veel tijd in beslag, omdat dit handmatig gedaan wordt. De tijd die nodig is voor het afmeten, aftekenen en knippen van de staalplaten is gemiddeld 285 seconden (00:04:45) inclusief het transporteren naar de staalknipschaar.
- Het voorbereiden van de snijmachine verloopt inefficiënt, omdat de snijtekeningen vaak niet vindbaar zijn of qua inhoud niet kloppen. Daarnaast wordt de machine vaak pas omgesteld op het moment dat het nodig is en moet het benodigde materiaal nog uit het magazijn gehaald worden. Hierdoor wordt de snijtijd niet benut voor het omstellen. Dit kost allemaal tijd, terwijl het geen waarde toevoegt. Tot slot neemt het aftekenen en snijden op de machine transporttijd en tijd voor het opslaan van materiaal in beslag.

Hoofdstuk 5: Hoe kan het productieproces het meest efficiënt ingericht worden?

Het beschrijven van de meest efficiënte productie bestaat uit twee delen. Het eerste deel betreft het reduceren van de doorlooptijd per mat. Allereerst zal beschreven worden hoe de voorbereidings- en transporttijd gereduceerd kan worden, gevolgd door het reduceren van de bewerkingstijd. Het tweede deel betreft het inrichten van de productieplek. Hierin wordt beschreven wat de optimale lay-out van het productieproces is en hoe dit het best ingericht kan worden.

De grootste klant van Flexxolutions neemt een vaste hoeveelheid Flexxomatten per maand af. Voor het berekenen van productie batchgroottes wordt aangenomen dat de vraag van deze klant de totale vraag per maand is. Daarnaast wordt in het onderzoek verder wel rekening gehouden met de overige vraag. De maandelijkse vraag van deze klant in tabel 5 te zien.

Daarnaast heeft de directie van Flexxolutions aangegeven dat er maximaal een maand aan voorraad aangehouden mag worden. Dit wordt gezien als randvoorwaarde in dit onderzoek. De reden dat er maximaal een maand aan voorraad aangehouden mag worden, is dat Flexxolutions een innovatief bedrijf is en haar producten altijd wil blijven verbeteren. Het ontwerp wordt daardoor regelmatig aangepast. De kans bestaat dat halffabricaten obsoleet worden als er een te lange voorraadperiode aangehouden wordt. Om deze reden heeft de directie aangegeven dat er maximaal een maand aan voorraad aangehouden mag worden.

Tabel 4: Vraag grootste klant per maand (bron: Flexxolutions)

Maandelijkse vraag			
Flexxomat type	Vraag grootste klant	Flexxomat type	Vraag grootste klant
P 600x900 mm	10	T L2210*B1000 mm	2
P 900x900 mm	40	T L2210*B2000 mm	5
P 900x1800 mm	10	T L2210*B3000 mm	2
P 1800x1800 mm	2		
PT 600x900 mm	0	TT L2210*B1000 mm	2
PT 900x900 mm	5	TT L2210*B2000 mm	2
PT 900x1800 mm	0	TT L2210*B3000 mm	5
PT 1800x1800 mm	0		
Totaal P(T) mat	67	Totaal T(T) mat	18

De besparingen in euro's per maand worden berekend door de intern gehanteerde arbeidskosten van € 50,- per uur te vermenigvuldigen met de besparing per mat en met de maandelijkse vraag.

5.1 Het reduceren van de doorlooptijd

Het reduceren van de doorlooptijd bestaat uit het reduceren van de voorbereidings- en transporttijd en het reduceren van de bewerkingstijd.

5.1.1 De voorbereidings- en transporttijd op de productieplek

Het ophalen en wegbrengen van materieel

De voorbereidings- en transporttijd ten behoeve van het ophalen en wegbrengen van materieel kan gereduceerd worden door het aantal transportbewegingen te reduceren. Allereerst wordt aanbevolen systematisch te werk te gaan, dat wil zeggen: al het materieel dat nodig is voor de productie zoveel mogelijk in een keer op te halen. Er kan eenvoudig vanuit het ERP systeem Plan-de-CAMPagne een

paklijst afgedrukt worden die aangeeft welke materialen en gereedschappen nodig zijn tijdens de productie en vervolgens kan met het rolkarretje, die in de huidige situatie als rustplaats van de lasmachine dient, het materiaal efficiënt opgehaald worden. De totale tijd die nodig is voor het in een keer ophalen en weer terugbrengen van materieel is gemiddeld 140 seconden (00:02:20). Het ophalen van de op maat te maken breedte staalplaten en het ophalen van de balk en de lengte staalplaten voor de verpakking vallen hier buiten. Deze passen namelijk niet op het rolkarretje. De tijd die voor dit transport nodig is, is 208 seconden (00:03:28). De totale tijd voor het ophalen en wegbrengen van materieel is maximaal 318 seconden per T(T) mat (00:05:18). In de huidige situatie was dit 836 seconden (00:13:56). Deze verbetering levert €213,25 op in de maand, zonder dat het iets kost.

Het ophalen en wegbrengen van halffabricaten

Het reduceren van de transporttijd ten behoeve van het ophalen en wegbrengen van halffabricaten kan gereduceerd worden door de afstand tussen de productie- en opslagplek te verkleinen. Dit betekent dat er bij de werktafel plek zou moeten zijn voor opslag. Voor een minimale transporttijd zou het efficiënt zijn om opslagruimte te creëren onder de werktafel. Hierdoor is alleen nog gemiddeld 10 seconden per halffabricaat nodig om op te rollen en in de opslagruimte te leggen. Voor de staalplaten en voor de etiketten is reeds een goede opslagplek. De totale tijd voor het wegleggen en pakken van halffabricaten per mat is in de optimale situatie voor een Flexxomat T 90 seconden en voor een Flexxomat P 50 seconden. In de huidige situatie was dit respectievelijk 240 en 125 seconden (00:04:00 en 00:02:05). Deze verbetering levert €107,29 op per maand. Voor deze verbetering is echter wel een nieuwe opslagruimte nodig. Dit wordt in paragraaf 5.2.3 verder beschreven.

Het transport tussen werkstations

Het reduceren van de transporttijd ten behoeve van het transport tussen werkstations kan gereduceerd worden door de afstand tussen de werkstations te verkleinen en door het aantal transportbewegingen te verkleinen. In de optimale situatie zou de afstand tussen de werktafel en de hoogfrequent lasmachine minimaal zijn. Op deze manier zou de mat niet meer opgerold en opgetild hoeven te worden. Voor deze verbetering is een andere inrichting van de productieplek nodig. Dit wordt in paragraaf 5.2.3 verder beschreven. De tijd die bespaard kan worden als er een minimale afstand zit tussen de werktafel en de hoogfrequent lasmachine is voor de Flexxomat T gemiddeld 140 seconden (00:02:20, van 160 naar 20 seconden) en voor de Flexxomat P gemiddeld 105 seconden (van 145 naar 40 seconden). In de optimale situatie hoeft de mat namelijk alleen nog verschoven te worden naar en gepositioneerd te worden onder de HF las en moet de mat eventueel nog teruggeschoven worden naar het gedeelte van de tafel waar de mat verder afgewerkt kan worden.

De slijpplek en de stansmachine kunnen niet verplaatst worden, omdat de stansmachine ook voor andere producten gebruikt wordt en de slijpplek in verband met lekkagegevaar afgezonderd moet zijn van de productiehal. Echter kan de transporttijd tussen deze werkstations wel verkleind worden door het aantal transportbewegingen te verkleinen. Zoals eerder beschreven is, mag er volgens Flexxolutions een maand aan voorraad aangehouden worden. De transporttijd per mat daalt aanzienlijk als maar een keer per maand getransporteerd hoeft te worden. Hierover volgt meer in paragraaf 5.1.3.

5.1.2 De bewerkingstijd van het aftekenen en knippen van PVC folie en soltisweefsel

De bewerkingstijd van het afmeten, aftekenen, markeren en knippen van het folie voor de bodemlaag, de PVC stroken en het soltisweefsel voor de soltismaat kan gereduceerd worden door het aantal verschillende bewerkingen te reduceren en door de tijd per bewerking te reduceren. Dit kan gedaan worden door de bewerkingen afmeten, aftekenen, markeren en knippen op 1 machine uit te voeren in plaats van het handmatig uitvoeren van deze handelingen. Deze machine heeft een kortere bewerkingstijd dan het handmatig uitvoeren van deze handelingen.

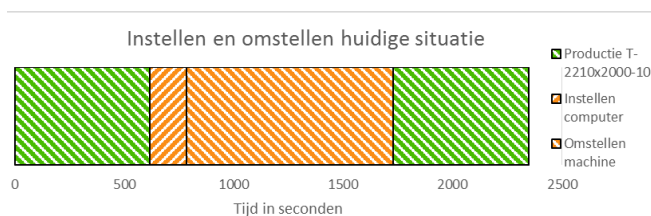
Zoals in de grafieken van de productie batchgroottes van de bodemlaag en soltislaag in paragraaf 4.2.3 te zien is, is het vanaf een batchgrootte van 2 voor de bodemlaag van de T(T) matten en 8 voor de bodemlaag van de P(T) matten efficiënter om de bodemlaag op de snijmachine te snijden. Het snijden van het soltisweefsel is efficiënter vanaf een batchgrootte van 22. Het zou daarom efficiënter zijn om het materiaal in de toekomst vanaf deze minimale batchgroottes te produceren op de snijmachine. Echter moet de voorbereiding op de machine dan wel efficiënt georganiseerd en ingericht zijn. De voorbereidingstijd bij de snijmachine kan gereduceerd worden door procedures te verbeteren (*kop De voorbereidings- en transporttijd van de snijmachine*) en door het aantal voorbereidingen en transport per tijdseenheid te reduceren (*kop Productie en transferbatchgrootte snijmachine*).

De voorbereidings- en transporttijd van de snijmachine

De voorbereidingstijd van de snijmachine kan gereduceerd worden door de voorbereidingsprocedures, welke het instellen van de computer en het omstellen van de machine betreffen, te verbeteren. Het instellen van de snijmachine kan efficiënt georganiseerd worden door voor alle standaardformaten van de Flexxomatten de snijtekeningen kloppend te maken qua naam en qua inhoud. Voor de naam van de snijtekening zou het volgende gehanteerd kunnen worden: [type mat]-[afmeting te snijden materiaal]-[aantal stuks]. Bijvoorbeeld: P-900x900-50. Op deze manier hoeft er geen tijd meer besteed te worden aan het zoeken van snijtekeningen.

Qua inhoud kunnen de snijtekeningen ook eenvoudig kloppend gemaakt worden, omdat de maandelijkse vraag van de grootste klant van Flexxolutions voor drie maanden vast staat. De afmetingen staan altijd vast en het aantal te snijden producten op de snijmachine per batch staat dus ook vast voor drie maanden. Tijdens het snijden van een opdracht kan alvast de snijtekening voor de volgende opdracht opgezocht worden op de computer (Instellen computer 2 in figuur 16). Op het moment dat de snijmachine klaar is met de huidige snijopdracht, hoeft de snijtekening voor de volgende opdracht alleen nog naar de snijcomputer gezonden te worden en dan kan de machine beginnen met snijden (Instellen computer 1 in figuur 16).

Het omstellen van de snijmachine kan kosteloos efficiënt georganiseerd worden door tijdens het snijden van een opdracht, alvast een rol uit het magazijn te halen en achter de machine te leggen voor de volgende opdracht (Omstellen machine 2 in figuur 16). De rol hoeft dan alleen nog met de takelmachine in de rolhouder van de machine getakeld te worden en op de snijtafel geladen te worden (Omstellen machine 1 in figuur 16). Een voorwaarde hiervoor is dat de productiemedewerker van de snijmachine wel altijd moet weten wat de volgende opdracht is. Dit betekent dat de medewerker die de planning doet hier rekening mee moet houden. Ter illustratie is in figuur 15 de huidige voorbereidingssituatie te zien.



Figuur 15: Instellen en omstellen in de huidige situatie

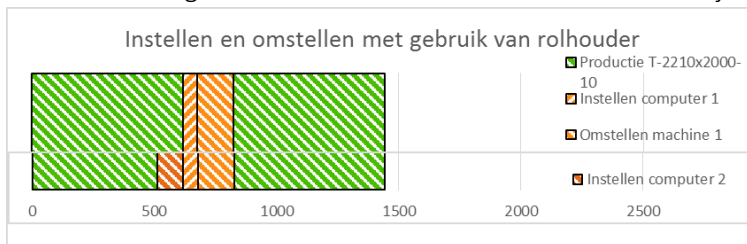


Figuur 16: Instellen en omstellen gedurende de snijtijd

De tijdswinst per voorbereiding die hiermee behaald kan worden ten opzichte van de huidige situatie is 606 seconden (00:10:05, van 1111 naar 505 seconden).

Een bok voor de rollen van de Flexxomatten

Om het aantal transportbewegingen ten behoeve van het omstellen van de machine verder te reduceren, zou een verplaatsbare bok met vier balken voor de machine gezet kunnen worden. Aan deze bok hangt een balk met een rol PVC folie, een balk met een rol soltisweefsel, een balk met een rol doorzichtig folie en een lege balk. Als er meer dan één rol PVC folie, soltisweefsel of doorzichtig folie nodig is, kan deze lege balk tijdens de snijtijd van de machine alvast gevuld worden met een benodigde tweede rol. Als de eerste rol dan leeg is en de machine stopt met snijden, hoeft de tweede rol vervolgens alleen nog op de snijtafel geladen te worden. De bok zorgt ervoor dat de rollen niet individueel uit het magazijn gehaald hoeven te worden, maar dat dit in één transportbeweging plaats kan vinden. In figuur 17 is te zien hoe de omsteltijd door middel van het gebruik van een bok verder gereduceerd zou kunnen worden en in figuur 18 is ter illustratie een bestaande bok bij Flexxolutions te zien.



Figuur 17: Instellen en omstellen met gebruik van bok

De tijdswinst per voorbereiding die behaald kan worden met het gebruik van een bok is ten opzichte van de huidige situatie 903 seconden (00:15:02, van 1111 naar 208 seconden).



Figuur 18: Een bestaande bok bij Flexxolutions

Productie en transferbatchgrootte snijmachine

Met de directie van Flexxolutions is afgesproken dat er maximaal een maand aan voorraad aangehouden mag worden. Het benodigde aantal bodemlagen en soltislagen per maand kan afgeleid worden van de maandelijkse vraag. Dit betreft in totaal 85 bodem- en soltislagen per maand. De voorbereidingstijd kan gereduceerd worden door het aantal voorbereidingen te reduceren. Het aantal voorbereidingen per maand kan bij Flexxolutions gereduceerd worden door (deel)producten met dezelfde voorbereidingseisen te combineren. (Deel)producten met dezelfde voorbereidingseisen worden samen een productfamilie. Alle bodemlagen van de 7 soorten matten worden uit hetzelfde PVC folie gesneden en alle soltislagen worden uit hetzelfde soltisweefsel gesneden. Dit resulteert in twee productfamilies: familie 1 voor de bodemlaag en familie 2 voor de soltislagaag.

De breedte van de PVC rol wordt vaak niet geheel benut, omdat er niet meer een volledig onderdeel uit gesneden kan worden. Deze overige folie zou gebruikt kunnen worden om de standaard PVC folie stroken voor de randen van de soltislagaag mee te snijden (afmeting 2210x50 voor de T/TT mat en 900x73 voor de P/PT mat). Dit brengt geen extra instel- en omsteltijd met zich mee als de stroken standaard in de snijtekening staan.

Doordat er een maand aan voorraad aangehouden mag worden, is de meest efficiënte situatie om een keer per maand de twee productfamilies achter elkaar te snijden op de snijmachine. Dit betreft het snijden van 85 bodemlagen en stroken in een keer en vervolgens het snijden van 85 soltislagen in een keer. De bak met 85 bodemlagen wordt tussendoor getransporteerd naar de werktafel.

Op deze manier is het aantal voorbereidingen per maand minimaal en is het aantal transportbewegingen per maand ook minimaal. Daarnaast wordt er variabiliteit gecreëerd in het proces, want het gesneden materiaal kan ook gebruikt worden voor spoedgevallen. De nieuwe totale doorlooptijd voor productiefamilie 1 per mat is 45 seconden en voor productiefamilie 2 per mat 37 seconden. Een gedetailleerde berekening is te zien in bijlage 6.

De totale gemiddelde tijd voor het uitrollen, afmeten, aftekenen, markeren en knippen/snijden van het folie voor de bodemlaag, de stroken en het soltisweefsel wordt hiermee ten opzichte van de huidige situatie voor een Flexxomat T per mat gereduceerd met 1281 seconden (00:21:21 van 1393 naar 112). Deze 112 seconden bestaat uit de doorlooptijd van geautomatiseerd snijden van de bodemlaag, stroken en soltislagen (respectievelijk 45 en 37 seconden) plus het pakken van het gesneden materiaal uit de opslagruimte (driemaal 10 seconden). Dit verschil in doorlooptijd levert € 1.186,82 op zonder dat er gebruik gemaakt wordt van een rolhouder en € 1.203,35 als er gebruik gemaakt wordt van een rolhouder. Kosten voor het doorvoeren van de verbetering zonder bok betreffen arbeidskosten voor gesprekken met medewerkers over de toekomstige situatie en het aanpassen van de snijtekeningen. In totaal zal dit eenmalig €350,- kosten.

Flexxolutions beschikt reeds over een bok met drie balken. Er zal voor de verbetering met bok geïnvesteerd moeten worden in het maken van een vierde balk en opzetstuk voor de balk en er zullen wieltjes onder de bok bevestigd moeten worden. Kosten voor deze investering zijn in overleg met Flexxolutions geschat op € 350,-. De totale kosten voor de verbetering met gebruik van de huidige bok zijn € 700,- (aanpassen van de tekeningen en aanpassen van de bok).

In plaats van het aanpassen van de huidige bok (omdat dit technisch gezien bijvoorbeeld niet haalbaar is of omdat de huidige bok nog gebruikt dient te worden voor andere doeleinden) zou er ook geïnvesteerd kunnen worden in een nieuwe bok. De kosten voor deze investering zijn in overleg met Flexxolutions geschat op € 850,-. Totale kosten voor de verbetering met gebruik van een nieuwe bok zijn € 1.200,-. De verbetering levert € 1.203,35 op.

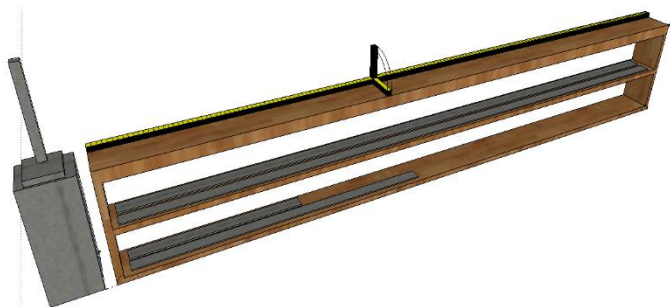
Op het moment dat de maandelijkse voorraad eerder op raakt door bijvoorbeeld spoedgevallen of losse verkopen, is het efficiënt om de voorraad op de snijmachine bij te snijden met minimale batchgroottes beschreven in paragraaf 4.2.3.

5.1.3 Het bewerken van de staalplaten

Per maand moeten er voor de standaard formaten 36 staalplaten (de staalplaten voor de breedte van de mat) op maat afgetekend en geknipt worden en in totaal moeten 72 staalplaten verplaatst worden naar de stansmachine en de slijpplek.

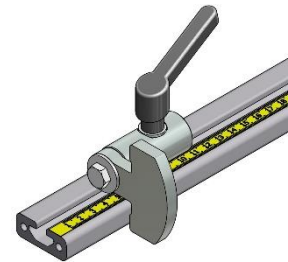
De voorbereidings- en transporttijd van een batch met staalplaten is gemiddeld 705 seconden (00:11:45), 150 seconden gaat naar voorbereiding en 555 seconden naar transport, ten opzichte van een totale doorlooptijd van de bewerking van 2 staalplaten van 1371 seconden (00:22:51). Dit betekent dat 51,4% van de totale doorlooptijd gaat naar voorbereidings- en transporttijd. De voorbereidings- en transporttijd kan gereduceerd worden door het aantal voorbereidingen en transportbewegingen te reduceren. De staalplaten zouden daarom een keer per bewerkt moeten worden, zodat voorbereidingen en transport van dit onderdeel maar een keer per maand plaats hoeft te vinden.

Voor het transporteren van deze staalplaten is geen goede roltafel in de huidige situatie. De huidige tafel die gebruikt wordt als transportmiddel bevat splinters. Daarnaast wordt het afmeten en aftekenen van een staalplaat nu op de werktafel gedaan. Dit duurt 240 seconden (00:04:00) voor twee staalplaten per mat. Het zou efficiënt zijn om een roltafel aan te schaffen met een minimale lengte van 6000 mm, dit is de lengte van een aangeleverde staalplaat. Een concept voor deze roltafel is te zien in figuur 19. Deze roltafel moet dienen als transportmiddel voor de 72



Figuur 19: Concept roltafel + aanslag + verhoging staalknipschaar

staalplaten die per maand getransporteerd moeten worden van het ene naar het andere werkstation en moet dienen als plek om de lengte staalplaten van de mat af te knippen en te beplakken. Voor het afmeten en aftekenen kan een aanslagsysteem gebruikt worden. Een aanslag kan gebruikt worden om materiaal eenvoudig af te meten. In figuur 20 is een voorbeeld van een aanslagsysteem te zien.



Figuur 20: Aanslag voor afmeten staalplaten (bron: Coomach)

De roltafel zou een plek moeten krijgen naast een verhoging om de metaalknipper op te bevestigen. Op deze manier hoeft er niet meer afgemeten en afgetekend te worden, maar kan de staalplaat tegen de aanslag geschoven worden en vervolgens in een keer doorgeknipt worden.

Dit zorgt ervoor dat de productiemedewerker de staalplaten niet meer af hoeft te meten en te tekenen, dat de staalplaat niet meer getransporteerd hoeft te worden naar de metaalknipper, dat de productiemedewerker niet meer hoeft te bukken voor de metaalknipper en dat de staalplaten eenvoudig op de roltafel getransporteerd kunnen worden naar de verschillende werkstations. De roltafel biedt tegelijkertijd voorraadruimte voor de staalplaten.

Het knippen van de staalplaten met gebruik van een aanslag in plaats van het handmatig afmeten en aftekenen van de staalplaten bespaart 245 seconden per mat (00:04:05, 285 naar 40 seconden). De staalplaten hoeven immers alleen nog gepositioneerd en geknipt te worden. De voorbereidings- en transporttijd van 705 seconden wordt 15 seconden minder doordat de staalplaten niet meer getransporteerd hoeven te worden naar de staalknipschaar en kunnen vervolgens verder gereduceerd worden door een keer per maand te transporteren. De overgebleven 690 seconden kunnen gedeeld worden door 18 matten en komen dan op 38 seconden per mat. Dit zorgt voor een reductie van 652 seconden per mat (00:10:52).

De tijdswinst die behaald kan worden met deze verbetering is in totaal 897 seconden per mat van (00:14:57, 1371 naar 474 seconden). De totale opbrengst per maand kan geschat worden op € 224,25. De kosten voor een nieuwe roltafel met aanslag zijn in overleg met Flexxolutions geschat op € 1.350,- en een metalen verhoging voor de staalknipschaar is geschat op € 500,-. De totale kosten voor deze investering komen daardoor op € 1.850,-.

5.1.4 De bewerkingstijd van het hoogfrequent lassen

In de optimale situatie bij de hoogfrequent lasmachine zou de mat niet verschoven en gepositioneerd hoeven te worden, maar beweegt de elektrode van de lasmachine. Ten tweede zou de elektrode groter zijn, zodat er minder vaak gelast hoeft te worden. Ten derde zou de mat plat op een tafel voor de lasmachine kunnen liggen. Zo hoeft de mat niet vier keer opgerold en weer uitgerold te worden en hoeven de 2 staalplaten niet uit de breedte kant van de mat worden gehaald.



Figuur 21: Een 'travelling' HF machine (bron: Forsstrom)

Om deze optimale situatie te kunnen bereiken zou er een nieuwe hoogfrequent lasmachine aangeschaft moeten worden, welke in staat is om zelf te bewegen in plaats van de mat. Er bestaan 'travelling' hoogfrequent machines die hiertoe in staat zijn. In figuur 21 is een voorbeeld te zien van een beweegbare hoogfrequent lasmachine. De hoogfrequent lasmachine kan tegen de werktafel gezet worden, zodat de mat plat kan blijven liggen. De lasmachine zou vanaf de zijkant van de machine bedienbaar moeten zijn. In figuur 22 is een voorbeeld te zien van een beweegbare bediening. Zoals in paragraaf 4.1.3 is beschreven, is de pure lastijd voor een Flexxomat T 135 seconden ten opzichte van een



Figuur 22: Een beweegbaar bedieningspaneel (bron: Forsstrom)

totale bewerkingstijd bij de hf las van 570 seconden. Dit betekent dat 435 seconden verspild worden (00:07:15). Voor een Flexxomat P is de verspilling 499 seconden (00:08:19, 624 ten opzichte van 125 seconden). Er wordt verwacht dat met een nieuwe hoogfrequent lasmachine 75% van deze verspillingen gereduceerd kunnen worden. Dit betekent dat de tijd voor het hf lassen van een T mat gereduceerd kan worden van 570 naar 243 seconden (00:04:03) en de P mat van 624 naar 250 seconden (00:04:10). Per maand levert dit €429,78 op.

Als de nieuwe lasmachine tegen de werktafel aan komt te staan, reduceert dit nog meer verspillingen. De staalplaten hoeven niet meer verwijderd te worden tussen het hoogfrequent lassen van de breedte- en lengtezijde en de afstand tussen de werkstations Werktafel en Hoogfrequent lasmachine wordt verkleind. Dit levert een tijdsreductie voor de T mat op van 382 seconden (00:06:22, van 402 naar 20 seconden) en voor de P mat van 130 seconden (00:02:10, van 170 naar 40 seconden). In totaal levert dit per maand € 216,47 op. De totale verbetering van de lasmachine levert per maand, voor de standaardformaten van de Flexxomatten die aan Brinkman geleverd worden, € 646,25 op. De kosten voor een nieuwe beweegbare hoogfrequent lasmachine zijn in overleg met Flexxolutions geschat op €95.000. Het is een strategische beslissing van de directie van Flexxolutions of er wel of niet in een nieuwe travelling hoogfrequent lasmachine geïnvesteerd gaat worden, omdat de standaardformaten van Flexxolutions niet de totale omzet betreffen van de productie van de Flexxomatten en daarnaast heeft deze nieuwe machine ook invloed op de bewerkingstijden van de toekomstige producten die op dezelfde productieplek geproduceerd gaan worden.

5.1.5 Samenvatting

In tabel 6 is een overzicht te zien met de reductie per onderdeel van de doorlooptijd. De O staat voor oude situatie, de N voor nieuwe situatie en de V voor verschil.

Tabel 5: Doorlooptijdreductie van de productie van de Flexxomat, tijden in seconden

Het reduceren van de doorlooptijd						
Onderdeel	Flexxomat T			Flexxomat P		
	O	N	V	O	N	V
Reductie voorbereidings- en transporttijd						
Ophalen en wegbrengen materieel → gebruik bestaand rolkarretje + paklijst	00:13:56	00:05:18	00:08:38	00:03:00	00:01:30	00:01:30
Ophalen en wegbrengen halffabricaten → gebruik voorraadruimte werktafel	00:04:00	00:01:30	00:02:30	00:02:05	00:00:40	00:01:25
Hoogfrequent lassen: → nieuwe lasmachine tegen tafel aan	00:06:42	00:00:20	00:06:22	00:02:50	00:00:40	00:02:10
Reductie bewerkingstijd						
Aftekenen en knippen PVC en soltis: → gebruik snijmachine met rolhouder	00:23:13	00:01:52	00:21:21	00:17:31	00:01:42	00:15:49
Hoogfrequent lassen: → nieuwe HF lasmachine	00:09:30	00:04:03	00:05:27	00:10:24	00:04:10	00:06:14
Reductie combinatie voorbereiding, transport en bewerking						
Staalplaten bewerken: → gebruik nieuwe roltafel en staalknipschaar, transport per maand	00:22:51	00:07:54	00:14:57	-	-	-
Totale reductie in tijd in seconden met gebruik rolhouder			00:59:15			00:27:08

De doorlooptijd van de productie van een Flexxomat T is in de huidige situatie zoals eerder beschreven 9375 seconden (02:36:15). Als de voorgestelde verbeteringen doorgevoerd zouden worden zou de

doorlooptijd voor een T mat gereduceerd kunnen worden met 3555 seconden. De gereduceerde komt op 5820 seconden (01:37:00). Dit is een reductie van 38%.

De doorlooptijd van de Flexxomat P is in de huidige situatie 3003 seconden (00:50:03). Deze tijd kan gereduceerd worden met 1628 seconden. Bij het doorvoeren van de voorgestelde verbeteringen wordt de gereduceerde doorlooptijd 1375 seconden (00:22:55). Dit is een reductie van 54%.

5.2 Het inrichten van het productieproces

In paragraaf 5.2.1 wordt beschreven welke lay-out en productiestrategie het best toegepast kan worden bij Flexxolutions. In paragraaf 5.2.2 wordt beschreven hoe de optimale werkplek eruit zou zien. In paragraaf 5.2.3 wordt beschreven hoe van deze werkplek een gebalanceerd lijnproces gemaakt kan worden.

5.2.1 Lay-out van het proces en productiestrategie

In hoofdstuk 3 is beschreven welke verschillende soorten lay-outs er zijn. De productieprocessen van de Flexxomat T(T) en de Flexxomat P(T) komen in het algemeen overeen. Ze ondergaan over het algemeen dezelfde handelingen: knippen/snijden van materiaal – thermisch lassen – hoogfrequent lassen – afwerken – kwaliteitscontrole – verpakken. De productie van overige producten, waaronder de Flexxotank, ondergaat hetzelfde proces. Doordat ze over het algemeen dezelfde activiteiten bevatten, past de productielijn lay-out het best bij Flexxolutions.

Daarnaast zijn in hoofdstuk drie verschillende productiestrategieën beschreven. De bepaling van de productiestrategie hangt af van het KOOP. Flexxolutions wil in de toekomst binnen 2 werkdagen aan de klant kunnen leveren. Het KOOP moet daarom zo laat mogelijk in het proces zitten. De Flexxomat T heeft hetzelfde ontwerp en dezelfde halffabricaten als de Flexxomat TT, uitgezonderd van een vloeistoftunnel. Ditzelfde geldt voor de Flexxomat P en PT. Deze moeten op de bodemlaag bevestigd worden, daarom ligt het KOOP bij tussen de productie van de halffabricaten en de assemblage van het eindproduct. De Assemble-to-order strategie past hier het best bij.

Dit betekent dat van de standaardproducten allereerst de halffabricaten gemaakt worden. Zoals beschreven in paragraaf 5.1.2 wordt, zou het efficiënt zijn om het folie voor de bodemlaag en het soltisweefsel en de PVC stroken voor de soltislagaag een keer per maand te laten snijden op de snijmachine. Daarnaast zouden de staalplaten een keer per maand bewerkt moeten worden. De overige halffabricaten: viltlaag, bodemlaag (inclusief de stroken), soltislagaag (stroken gelast aan het soltis) en de vloeistoftunnels zouden zo snel mogelijk, gedurende de productiemaand, geproduceerd kunnen worden. De assemblage vindt vervolgens plaats als er een order van de klant is ontvangen.

Als er in grotere series per periode geproduceerd gaat worden, zou er ook nagedacht moeten worden over het transporteren van de werkplek naar het magazijn. De matten worden in de huidige situatie één voor één door een productiemedewerker van de werkplek naar het magazijn getild. Bij stukproductie is dit geen probleem, maar bij productie in series kan dit erg arbeidsintensief en tijdrovend zijn. Om efficiënt te transporteren van de werkplek naar het magazijn en om de doorlooptijd en de arbeidsintensiviteit zo laag mogelijk te houden, wordt aangeraden om een van de drie heftrucks te gebruiken als transportmiddel. De matten kunnen aan de lussen van de verpakkingen opgetild worden of de verpakkingen kunnen op een pallet gelegd worden en vervolgens met de heftruck getransporteerd worden. Zo is er geen mankracht nodig en kunnen er meerdere matten tegelijkertijd naar het magazijn getransporteerd worden.

5.2.2 De optimale productieplek

De werktafel

Zoals beschreven in paragraaf 4.1.2 is er niet voldoende voorraadruimte om halffabricaten tijdelijk op te slaan. Daarnaast is voor het houden van een maandelijkse voorraad van bodemfolie, het soltisweefsel en de stroken ook voorraadruimte nodig. Er zal daarom ruimte gecreëerd moeten worden om deze onderdelen op te slaan. Het is van belang dat deze voorraadruimte zo dicht mogelijk bij de productieplek ligt, omdat de transporttijd en het aantal transportbewegingen hierdoor gereduceerd kunnen worden. De optimale plek voor de voorraad zou daarom zijn onder de werktafel. De huidige werktafel bij Flexxolutions beschikt niet over voorraadruimte. Daarnaast is de werktafel, zoals eerder beschreven, verouderd en om meerdere soorten producten op deze tafel te kunnen produceren in verband met de gezamenlijke productieplek zou de tafel groter moeten zijn. Door deze combinatie wordt aanbevolen om een nieuwe werktafel aan te schaffen met voorraadruimte eronder. Onder deze tafel zouden de materialen die uit de snijmachine komen, maandelijks opgeslagen kunnen worden en het biedt ruimte voor de opslag van halffabricaten en andere onderdelen. De afmeting van de tafel is nog onbepaald, omdat de werktafel in de toekomst ook bruikbaar moet zijn voor de productie van andere producten. De bepaling van de afmetingen vereist daardoor nader onderzoek.

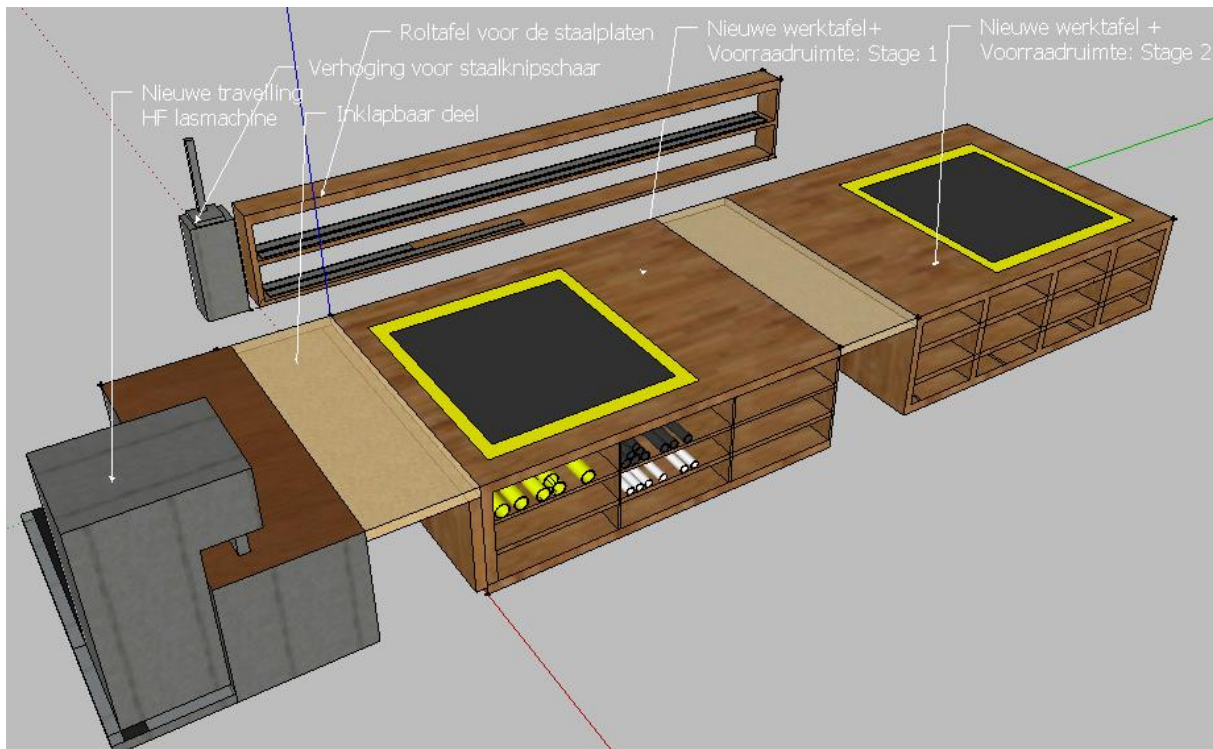
Wel zou het efficiënt zijn om aan minimaal twee Flexxomatten tegelijkertijd te kunnen bewerken. Dit betekent dat de tafel minimaal 7 meter lang moet zijn. De grootste standaard mat is de Flexxomat T 2210x3000, dus als er een mat verpakt wordt en een mat hf gelast wordt is er 6 meter nodig en daarnaast is er wat vrije ruimte nodig voor de laswagen. Kosten voor een nieuwe werktafel met de afmetingen van de huidige tafel zijn in overleg met Flexxolutions geschat op € 2.900,-. De beslissing of deze investering dan al niet het geld waard is, zal genomen moeten worden op het feit dat de huidige werktafel niet meer geschikt is in de toekomstige situatie. Een terugverdientijd is daarom niet van toepassing. In figuur 23 op de volgende pagina is een schets te zien van de toekomstige werktafel. De afmetingen van de huidige tafel zijn in deze schets aangehouden.

De hoogfrequent lasmachine

Op het moment dat de mat klaar is om hoogfrequent gelast te worden, wordt de mat over de tafel doorgeschoven naar de nieuwe lasmachine, die in paragraaf 4.1.4 beschreven is. Het zou dus efficiënt zijn als de lasmachine tegen de tafel aan komt te staan. Tegelijkertijd is het handig om bij alle kanten van de werktafel te kunnen komen als de hf las niet gebruikt wordt. Er zou daarom een opklapbaar gedeelte aan de tafel bevestigd kunnen worden. In figuur 23 is de schets de plek te zien waar de lasmachine op een efficiënte manier neergezet zou kunnen worden.

Roltafel

Tot slot is in de schets in figuur 23 hieronder het idee voor de roltafel voor de staalplaten te zien zoals beschreven in paragraaf 5.1.3. Uit gesprekken met een productiemedewerker is geconstateerd dat de optimale afmeting 6000x300x950 mm is.



Figuur 23: Schets van de toekomstige werkplek met als voorbeeld twee Flexxomatten T 2210x2000

5.2.3 Een gebalanceerd lijnproces voor de Flexxomatten

De werkzaamheden op de tafel na het produceren van de halffabricaten betreffen het assembleren van de halffabricaten door middel van thermisch en hoogfrequent lassen, het afwerken, controleren en verpakken van het product. Om de tafel zo efficiënt mogelijk te benutten, kan er gebruik worden gemaakt van fases waarbij bij elke fase bepaalde werkzaamheden uitgevoerd worden. Idealiter is de doorlooptijd van elke fase gelijk. Om te bepalen welke werkzaamheden op welke fase uitgevoerd kunnen worden, kan een precedence diagram gemaakt worden. Dit is een diagram die de werkzaamheden met de benodigde bewerkingstijd bevat. De fases zijn bij de vernieuwde productieplek beperkt tot twee, omdat er twee grote matten achter elkaar bewerkt kunnen worden op deze tafel. Daarnaast is voor elke fase een medewerker nodig. In de huidige productie zijn er twee medewerkers beschikbaar. In tabel 7 staat de benodigde data voor de diagrammen. Daaronder is een precedence diagram te zien voor de Flexxomat T en de Flexxomat P. Het maken van een precedence diagram helpt bij het verdelen van de werkzaamheden in fases. In deze diagram is te zien hoeveel tijd een werkzaamheid in beslag neemt en is te zien welke werkzaamheden onder één fase vallen.

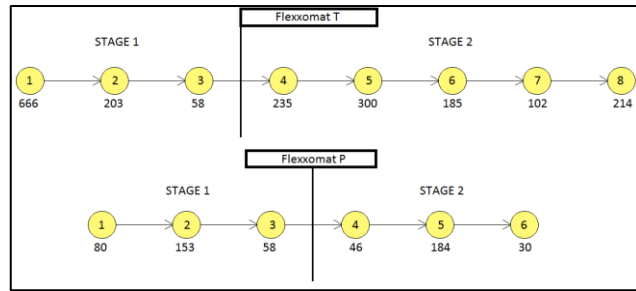
Tabel 6: Doorlooptijd Flexxomat T per werkzaamheid

Doorlooptijd per werkzaamheid T		
Nr.	Werkzaamheid	Uur:min:sec
1	Handlassen halffabricaten	00:11:06
2	HF lassen zijkanen	00:03:23
3	Afwerken mat	00:00:58
4	Controleren mat	00:03:55
5	Beschermzak maken	00:05:00
6	Staalplaten inpakken	00:03:05
7	Oprollen mat	00:01:42
8	Inpakken in zak + magazijn	00:03:34

Tabel 7: Doorlooptijd Flexxomat P per werkzaamheid

Doorlooptijd per werkzaamheid P		
Nr.	Werkzaamheid	Uur:min:sec
1	Handlassen halffabricaten	00:01:20
2	HF lassen zijkanen	00:02:33
3	Afwerken mat	00:00:58
4	Controleren mat	00:00:46
5	Verpakken mat	00:03:04
6	Opslaan in magazijn	00:00:30

Er is een verschil in doorlooptijd tussen beide fases van 109 seconden voor de T en 31 seconden voor de P mat. Dit zijn onoverkomelijke verschillen, omdat een bewerking niet gesplitst kan worden. Fase 1 betreft het assembleren van de halffabricaten, het hoogfrequent lassen met de nieuwe hf las en het afwerken. Als de mat afgewerkt is zou de mat doorgeschoven kunnen worden naar fase 2. Fase 2 betreft het controleren en verpakken van de mat. In de tijd dat de mat in fase 2 verblijft, kan fase 1 alvast weer beginnen met de assemblage van de volgende halffabricaten. Fase een en twee zouden daadwerkelijk of denkbeeldig opgesplitst kunnen worden in twee tafeldelen. Wel zou de tafel altijd als een grote tafel gebruikt moeten kunnen worden, dus bij een daadwerkelijke opsplitsing zouden er opklapbare delen tussen de twee tafeldelen moeten komen. In figuur 23 is de schets te zien van de opgesplitste werktafel. In de tijd dat in de huidige situatie 1 mat gemaakt wordt, kan er in deze voorgestelde situatie voor beide soorten matten 1,89 mat gemaakt worden. Dit betekent dat in de doorlooptijd van één mat bijna twee matten gemaakt kunnen worden. De doorlooptijd van de totale productie wordt hierdoor gereduceerd met 47,1%. Er moet echter wel rekening gehouden worden met de eis dat er altijd twee productiemedewerkers beschikbaar zijn.



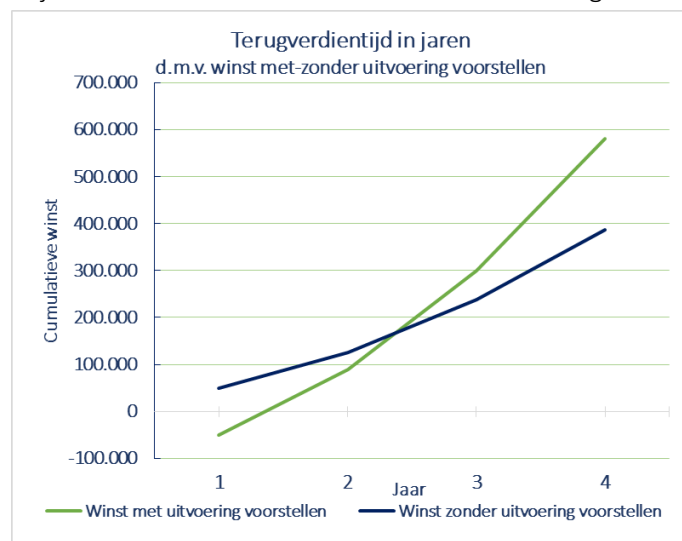
Figuur 24: Precedence diagram Flexxomat T en P, tijd in seconden

5.2.4 Terugverdiëntijd

Voor het berekenen van de terugverdiëntijd is een aantal gegevens nodig. Het *eerste* gegeven is het bedrag dat gaat naar de voorgestelde investeringen. In tabel 7 is een overzicht te zien van de voorgestelde investeringen. Dit komt in totaal neer op € 100.950,-. Het *tweede* gegeven is dat volgens het verkoopplan van Flexxolutions de omzet van de Flexxomatten in de komende drie jaar verdrievoudigt. Het *derde* gegeven is tot stand gekomen in overleg met Flexxolutions: de materiaalkosten zijn gelijk aan circa 25% van de omzet en de kosten t.b.v. toegevoegde waarde (arbeidskosten etc.) zijn gelijk aan circa 50% van de omzet. De kosten voor toegevoegde waarde dalen als alle voorstellen doorgevoerd worden met de genoemde percentages van 38% voor een T en 54% voor een P mat. De totale kosten zijn som van de materiaalkosten en de toegevoegde waarde kosten. De winst kan berekend worden door de totale kosten af te trekken van de omzet. Zo kan in een grafiek een lijn gevormd worden van de situatie waarbij de voorstellen - en hiermee ook de investeringen - doorgevoerd worden en van de situatie waarbij de voorstellen niet doorgevoerd worden en waar dus ook geen investeringen gedaan worden. Het snijpunt van deze twee lijnen geeft de terugverdiëntijd aan. Deze grafiek is te zien in figuur 25. Een gedetailleerde berekening van de winst is te vinden in bijlage 7.

Tabel 7: Investerings

Investering in:	Kosten in €
Aanpassen snijtekeningen + nieuwe bok	€ 1.200,-
Roltafel met aanslag + verhoging staalknipschaar	€ 1.850,-
Nieuwe werktafel met voorraadruimte	€ 2.900,-
Travelling hoogfrequent lasmachine	€ 95.000,-
Totaal	€ 100.950,-



Figuur 25: Terugverdiëntijd in jaren d.m.v. winst

De terugverdientijd van de totale investering is iets minder dan 2,5 jaar. Flexxolutions hanteert geen vaste maximale terugverdientijd, maar houden gemiddeld 3 jaar als maximum aan. De terugverdientijd in dit onderzoek valt hier binnen en het zou daarom efficiënt zijn om deze investeringen daadwerkelijk uit te voeren.

5.3 Conclusie

De grootste winst die behaald kan worden bij het reduceren van de doorlooptijd is de verandering van het handmatig bewerken van PVC folie en soltisweefsel naar het geautomatiseerd bewerken van deze materialen. Ook het aanpassen van de situatie bij de hoogfrequent lasmachine zorgt voor een groot verschil. Verder zorgt het aanpassen van de bewerkingsprocedure van de staalplaten voor een groot verschil in de doorlooptijd van een Flexxomat T. Tot slot wordt er veel bespaard op de doorlooptijd van het ophalen en het wegbrengen van materieel als dit in een keer gebeurt met een rolkarretje. Het balanceren van een lijnproces, zoals beschreven in paragraaf 5.2.3 reduceert de doorlooptijd door het combineren van de productie van twee producten en niet door het reduceren van de doorlooptijd van een mat. Daarom wordt dit niet in de tabel genoemd. In tabel 8 is het verschil te zien tussen de huidige en de voorgestelde situatie met verschillende aspecten die de doorlooptijd reduceren, een nieuwe werktafel, hoogfrequent lasmachine en roltafel bij een maandelijkse vraag van 85 Flexxomatten.

Tabel 8: Verschil huidige en voorgestelde situatie in tijd en geld en benodigde investeringen, tijd in seconden

Doorlooptijden per maand bij huidige en voorgestelde situatie (85 matten per maand)							
	Huidige situatie			Investering	Voorgestelde situatie		
Werkzaamheid	Werkwijze	Tijd in sec	In €		Werkwijze	Tijd in sec	In €
Vorbereiding	Ad hoc	27.108	376,50	Gesprekken en afspraken met medewerkers	Systematisch	11.754	163,25
Transport t.b.v. halffabricaten	Opslag in magazijn	12.695	176,32	Nieuwe werktafel	Opslag onder werktafel	4.300	59,72
Markeren en knippen/snijden PVC & soltis	Handmatige productie per stuk	95.491	1.326,26	- Gesprekken en afspraken met medewerkers - Tekeningen optimaliseren - Nieuwe bok	Geautomatiseer de productie - vaste hoeveelheid per tijdseenheid, voorbereiding met bok	8.850	122,92
Hoogfrequent lassen	Beweging van materiaal	70.694	981,86	-Nieuwe machine	Beweging van de machine	24.164	335,61
Bewerken staalplaten	Productie per stuk + bepaling kniplijn d.m.v. aftekenen	24.678	342,75	-Nieuwe roltafel met aanslag -Verhoging knipschaar	Vaste hoeveelheid per tijdseenheid + bepaling kniplijn d.m.v. aanslag	8.532	118,50
Totaal		230.666	3.203,69		Totaal	57.600	800,00

Het totale maandelijkse bedrag dat bespaard wordt bij de voorgestelde situatie is € 2.403,69. De totale terugverdientijd is iets minder dan 2,5 jaar en valt binnen de normen van Flexxolutions. De investeringen zouden hierdoor daadwerkelijk gedaan kunnen worden en hiermee zou ook de maandelijks genoemde besparing gerealiseerd kunnen worden.

Hoofdstuk 7: Conclusies en aanbevelingen

7.1 Conclusies

Het probleem bij Flexxolutions is dat er geen organisatie is van deze seriematige voorraadproductie. In dit onderzoek is daarom onderzocht hoe Flexxolutions over kan gaan van projectmatige stukproductie naar seriematige voorraadproductie. Om antwoord te kunnen geven op de onderzoeksvraag is uitgezocht welke factoren in de huidige productie een negatieve invloed hebben op de doorlooptijd van de productie en is gekeken hoe het proces van seriematige voorraadproductie het meest efficiënt ingericht en georganiseerd kan worden.

Om een efficiënte seriematige voorraadproductie te realiseren zou Flexxolutions allereerst gebruik moeten maken van de snijmachine voor het aftekenen en knippen van PVC folie en soltisweefsel, in plaats van het handmatig uitvoeren van deze handelingen. De voorbereiding van de machine is efficiënt als de snijtekeningen kloppen en als de folierollen op een bok of achter de snijmachine liggen. Om de voorbereidings- en transporttijd zo laag mogelijk te houden zou er per maand een vaste hoeveelheid gesneden moeten worden.

Ook het bewerken van de staalplaten zou maandelijks met een vaste hoeveelheid moeten plaatsvinden. De lange transporttijd wordt op deze manier geminimaliseerd. Een nieuwe roltafel met aanslag kan ervoor zorgen dat het transport soepel verloopt en als deze roltafel tegen een verhoging voor de staalknipschaar aan komt te staan, kan er in één beweging afgemeten en geknipt worden. De roltafel biedt tevens ruimte voor de opslag van de staalplaten.

Het materieel kan efficiënt opgehaald en weggebracht worden door gebruik te maken van een paklijst en door het bestaande rolkarretje als transportmiddel te gebruiken.

De tijd die nodig is voor het hoogfrequent lassen kan gereduceerd worden door het aanschaffen van een nieuwe travelling hoogfrequent lasmachine. Bij deze machine hoeft de mat maar een keer gepositioneerd te worden en beweegt de laselektrode vervolgens zelf. Het zou efficiënt zijn als deze machine tegen de werktafel aan komt te staan. Dit zorgt ervoor dat de mat niet meer getransporteerd hoeft te worden en dat de staalplaten tussendoor niet meer uit de mat hoeven worden gehaald.

De meest efficiënte manier om de seriematige voorraadproductie van de Flexxomatten te organiseren is het toepassen van de Assemble-to-order strategie. Gedurende een productiemaand zouden allereerst de halffabricaten geproduceerd moeten worden.

Het aanhouden van een maandelijks opslag van gesneden materiaal en halffabricaten vereist opslagruimte en deze zou het meest efficiënt gecreëerd kunnen worden onder de werktafel. De huidige verouderde werktafel beschikt niet over voorraadruimte en zou daarom vervangen moeten worden door een nieuwe werktafel met voorraadruimte. Deze tafel zou het meest efficiënt, denkbeeldig of werkelijk, opgesplitst moeten worden in twee gedeeltes. Op deze manier kan een gebalanceerd lijnproces georganiseerd worden.

Tot slot zou het efficiënt zijn om na het verpakken van de producten een heftruck te gebruiken voor het transporteren van de werkplek naar het magazijn.

Het inrichten van de productie op de bovenstaande manier zorgt voor een reductie in de doorlooptijd van 38% voor een Flexxomat T en 54% voor een Flexxomat P. Dit zorgt voor een maandelijks besparing van € 2.400,-. De totale investering ten behoeve van deze veranderingen is €6.000,- en voor de nieuwe travelling hoogfrequent lasmachine € 95.000,-. De totale terugverdientijd, rekening houdend met de stijging van de omzet en daling van de kosten als gevolg van de voorstellen in dit onderzoek, zal minder dan 2,5 jaar zijn.

7.2 Algemene aanbevelingen

Om van projectmatige stukproductie naar seriematige voorraadproductie te kunnen overgaan worden zeven aanbevelingen gedaan.

- Allereerst wordt aanbevolen om van handmatig aftekenen en knippen van PVC folie en soltisweefsel over te gaan naar geautomatiseerd snijden op de snijmachine. De snijtekeningen zouden een eenduidige naam moeten krijgen en een kloppende inhoud. Om te zien of het gebruikmaken van een bok technisch gezien mogelijk is, zullen testen op de snijmachine gedaan moeten worden met de huidige bok. Door te investeren in een bok kan vervolgens de omsteltijd geminimaliseerd worden en door gesprekken met productiemedewerkers kan ervoor gezorgd worden dat het omstellen van de machine plaatsvindt gedurende de snijtijd van de machine. Er wordt aanbevolen om een vaste batchgrootte per vaste tijdseenheid te snijden.
- Ten tweede wordt aanbevolen om te investeren in de roltafel en de verhoging van de staalknipschaar voor de productie van de staalplaten en om de staalplaten een keer per maand in een vaste batchgrootte te bewerken. De voorgestelde afmetingen die geconstateerd zijn uit gesprekken met een productiemedewerker zullen nader onderzocht moeten worden voordat een definitief ontwerp aangeschaft wordt.
- Ten derde wordt aanbevolen dat er gesprekken met de productiemedewerkers gepland worden om ervoor te zorgen dat het benodigde materieel zoveel mogelijk in een keer opgehaald wordt door gebruik te maken van een paklijst en een rolkarretje. Voor het transporteren van de verpakte matten van de werkplek naar het magazijn wordt aanbevolen om een heftruck te gebruiken.
- De vierde aanbeveling is het toepassen van de Assemble-to-order strategie. Het KOOP ligt bij de Flexxomatten optimaal na de productie van de halffabricaten en voor de assemblage. De halffabricaten zouden zoveel mogelijk in het begin van de productiemaand geproduceerd moeten worden, zodat een korte levertijd gerealiseerd kan worden.
- Ten vijfde zou de werkplek een nieuwe inrichting moeten krijgen. De werktafel zou vervangen kunnen worden door een nieuwe werktafel met voorraadruimte. De nieuwe werktafel moet dan voldoen aan de eisen voor alle producten die hierop geproduceerd gaan worden. Bij het ontwerpen van de tafel zou Flexxolutions daarom rekening moeten houden met al deze producten. Ook de voorraadruimte kan optimaal ingedeeld worden als Flexxolutions rekening houdt met alle producten op deze toekomstige plek en met de verwachte groei van de productie. Daarnaast zou het efficiënt zijn om te investeren in een nieuwe hoogfrequent lasmachine. Ook de afmetingen van deze lasmachine kunnen optimaal bepaald worden als rekening gehouden wordt met alle toekomstige producten die hier geproduceerd gaan worden.

7.3 Aanbevelingen productie van meerdere producten op de productieplek

Naast de Flexxomat wil Flexxolutions dat ook de Flexxotanks en andere producten seriematig op voorraad geproduceerd gaan worden op de productieplek van de Flexxomatten. De reden hiervoor is dat Flexxolutions wil dat er zo weinig mogelijk producten op de grond geproduceerd worden, omdat het op de grond produceren van producten een grotere kans op lekkage tot gevolg heeft.

- Om deze producten op de nieuwe productieplek te kunnen produceren, zou allereerst zoals net beschreven de nieuwe werktafel groot genoeg moeten zijn. Bij het ontwerpen van de werktafel zal daarom gekeken moeten worden naar de benodigde ruimte die bij ieder product nodig is bij de productie.
- Hiernaast kan de productie op deze plek gerealiseerd worden als er een verandering plaatsvindt in de productieprocedure van deze producten. Het verschil met de huidige situatie is namelijk



dat de tafel als productieplek minder werkruimte biedt dan de grond. Hierdoor zullen de productiemedewerkers een andere productieprocedure moeten gebruiken. Er wordt aanbevolen om een eenduidige productieprocedure op te stellen en om gesprekken te voeren met de desbetreffende productiemedewerkers om de productie op de nieuwe plek zo voorspoedig te laten verlopen.

- Tot slot wordt aanbevolen om aandacht te besteden aan de planning van de toekomstige productie op deze plek. Het produceren van meerdere soorten producten op een productieplek vereist een planning. Deze planning kan complex in elkaar zitten, omdat elk product zijn eigen levertijd en zijn eigen doorlooptijden heeft. Er wordt daarom aanbevolen om aandacht te besteden aan de planning van de productie op deze plek.

Bijlage 1: Woordenlijst

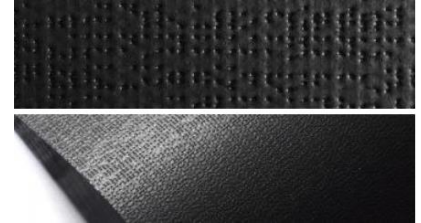
PVC = Polyvinyl chloride, dit is een harde plasticsoort. De folie die bij Flexxolutions gebruikt wordt is PVC folie. PVC folie bestaat uit een weefsel van polyester met aan beide zijden een laag weekgemaakte polyvinyl chloride.

RVS = roestvrij staal. De staalplaten in de Flexxomatten zijn gemaakt van roestvrij staal.

Soltisweefsel = Dit is een lucht- en vloeistof doorlatend weefsel dat onder andere gebruikt wordt voor zonwering. In figuur 24 is een foto van soltisweefsel te zien ter illustratie.

Hoogfrequent = Dit is een term die wordt gebruikt in de elektronica voor stromen en spanningen die in een hoog tempo wisselen van niveau of van positief naar negatief. Hierbij ontstaat er warmte en dit zorgt ervoor dat er gelast kan worden.

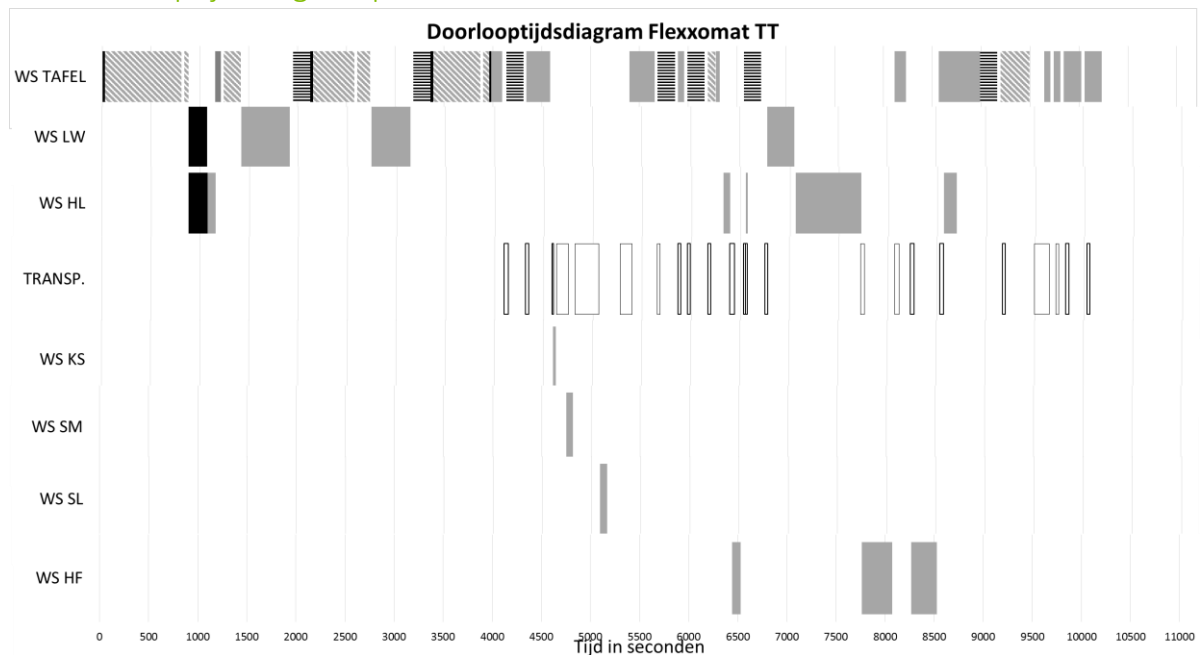
Thermisch = door middel van warmte.



Figuur 26: Soltisweefsel (bron: Google)

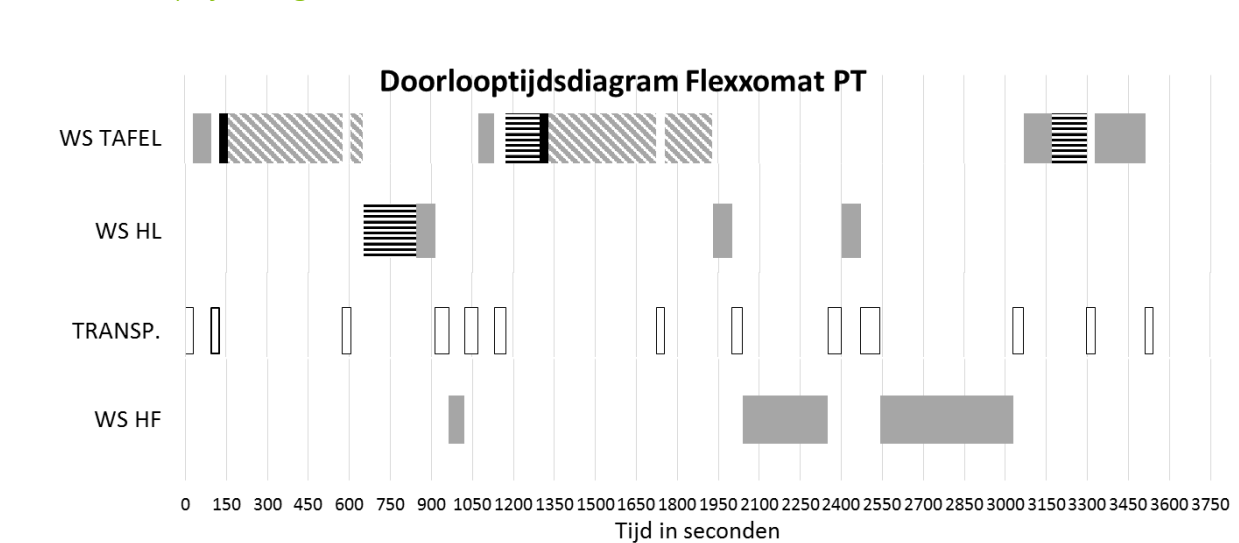
Bijlage 2: Productieproces Flexxomat

2.1 Doorlooptijdsvdiagram productie Flexxomat TT



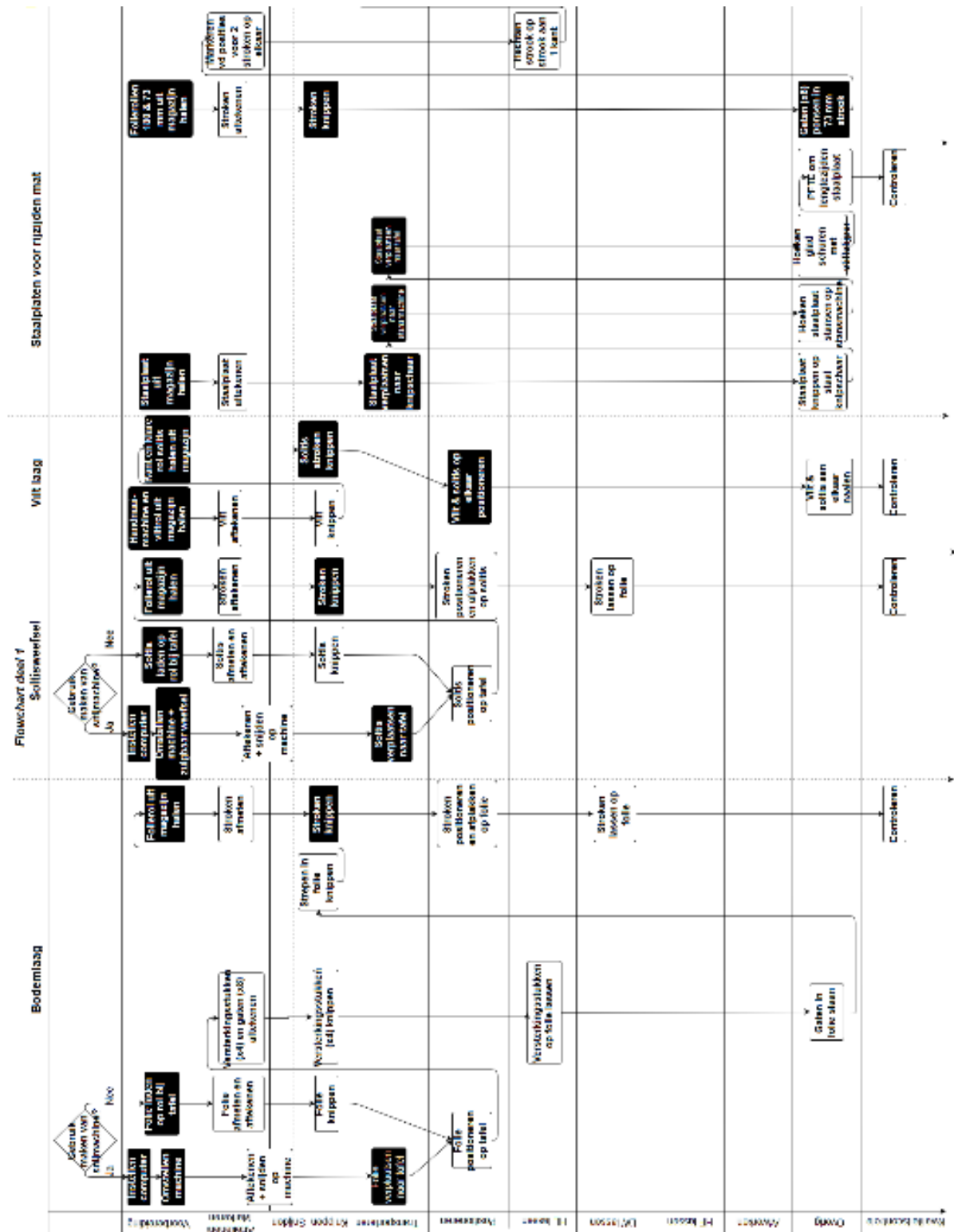
Figuur 27: Doorlooptijdsvdiagram productie Flexxomat TT, tijden zijn gebaseerd op een TT 2210x2000

2.2 Doorlooptijdsvdiagram Flexxomat PT

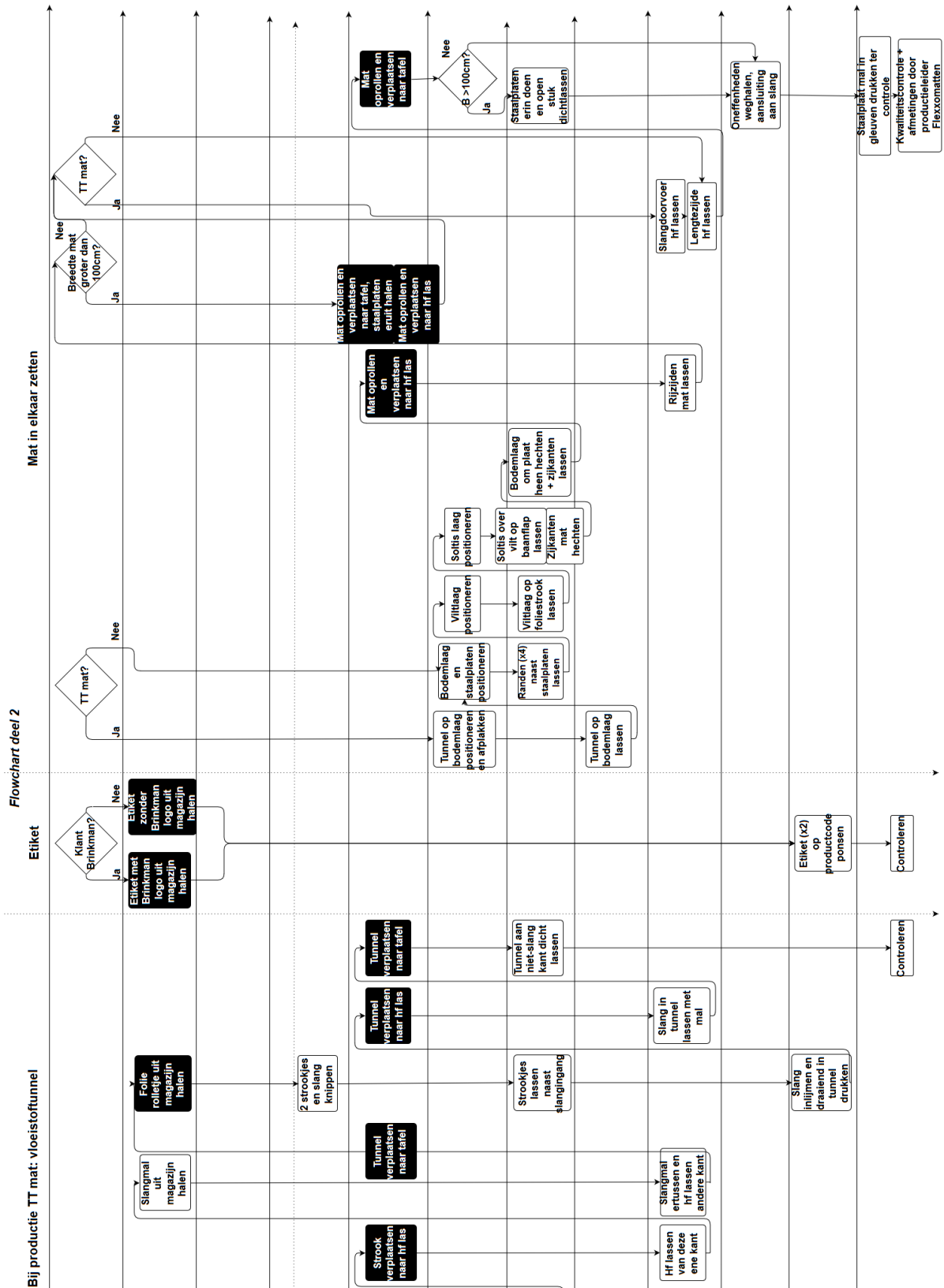


Figuur 28: Doorlooptijdsvdiagram Flexxomat PT, tijden zijn gebaseerd op een Flexxomat PT 900x900

2.3 Flowchart productieproces Flexxomat T/TT

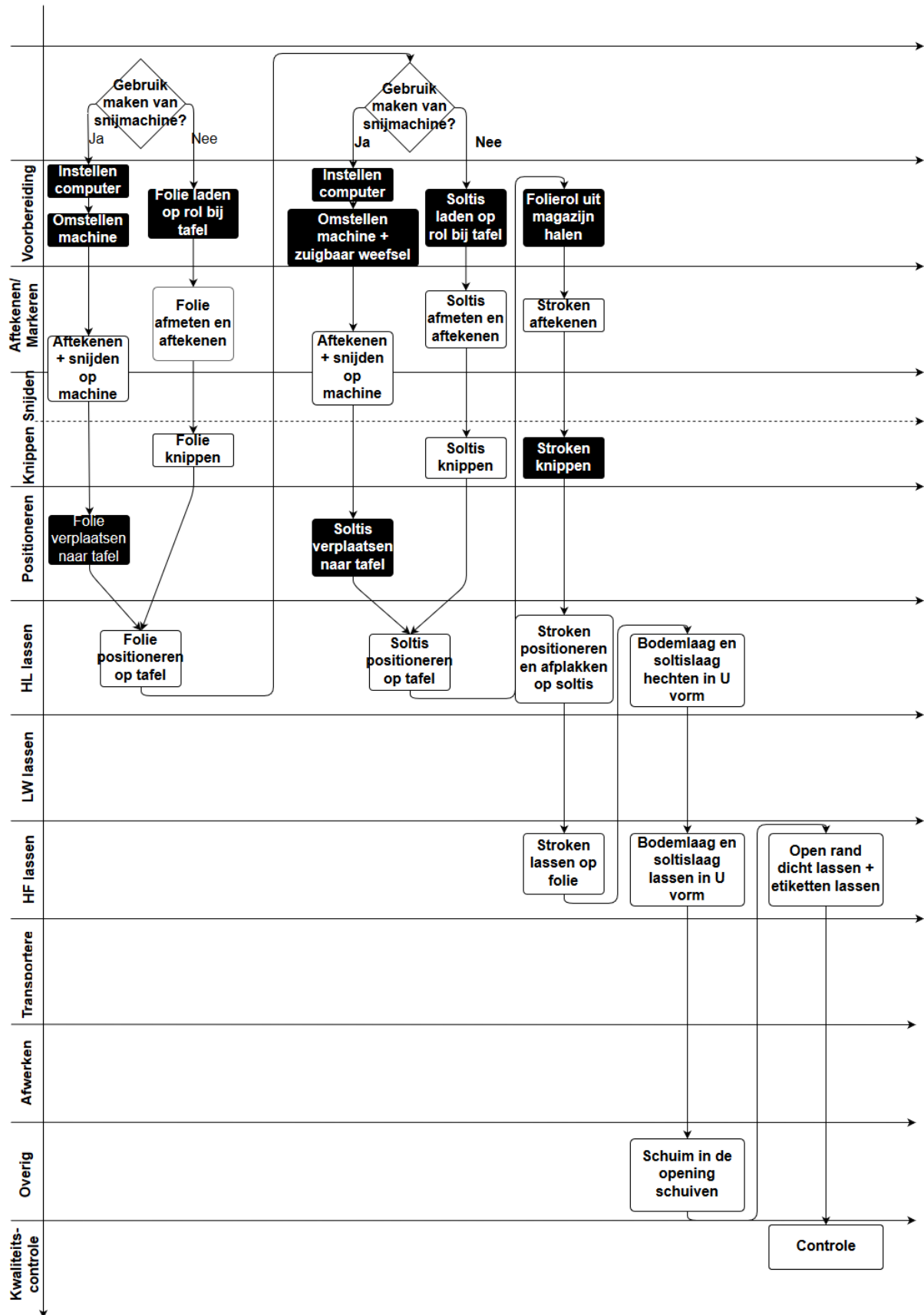


Figuur 29: Gedetailleerde flowchart deel 1 productieproces Flexxomat T(T)



Figuur 30: Gedetailleerde flowchart deel 2 productieproces Flexxomat T(T)

2.4 Flowchart productieproces Flexxomat P/PT



Figuur 31: Gedetailleerde flowchart productieproces Flexxomat P

Bijlage 3: De Flexxotank

Daar waar de Flexxomat uit vele verschillende onderdelen bestaat, wordt de Flexxotank uit een aantal banen folie meteen één onderdeel dat steeds wordt bewerkt. De productie van de Flexxotanks wordt uitgevoerd door 2 medewerkers. Voor wat betreft de productieapparatuur beschikt de werkplek over een grote vloer waar de tanks gemaakt kunnen worden, 1 verplaatsbare thermische laswagen, 2 verplaatsbare thermische handlas lassen en 1 verplaatsbare hoogfrequent lasmachine die gedeeld moet worden met de productie van andere producten.

De Flexxotanks worden in 5 verschillende formaten geproduceerd:

- 1,5 m³
- 5,0 m³
- 5,3 m³
- 10 m³
- 20 m³



*Figuur 32: Opgeblazen Flexxotank
(bron: Flexxolutions)*

3.1 Productieproces Flexxotank

Voordat er wordt begonnen met de productie van de Flexxotanks, wordt de werkplek schoongemaakt. De tanks worden op de grond geproduceerd en moeten volledig luchtdicht zijn. Het is daarom erg belangrijk om op een schone werkplek te werken, dit om te voorkomen dat lekken ontstaan. De eerste stap bij het produceren van de Flexxotank is het uitrollen van de folie op de vloer. De tank bestaat uit verschillende foliebanen, deze worden uit de folierol afgemeten en afgetekend. Vervolgens worden deze foliebanen geknipt en verplaatst naar een lege plek op de grond waar gelast kan worden. Op deze plek worden markeringen gemaakt voor de laslijnen en worden de foliebanen gepositioneerd en afgeplakt op de grond. Dan worden de banen aan elkaar gelast met de laswagens. De folie laag wordt vervolgens omgedraaid (de binnenkant van de tank naar boven). Dan wordt er afgemeten en afgetekend waar de gaten moeten komen, worden de versterkingsschijven gepositioneerd en gelast met de handlas en worden er gaten in de schijven geknipt. De kleine doppen worden door deze gaten geschoven en vastgekit. De volgende stap is het lassen met laswagens van de folie laag, zodat het een cilindervorm krijgt. Daarna worden de zijanten dichtgelast met de laswagen, zodat de folie de vorm van een tank krijgt. De zijanten van de tank worden volgens gemeten aftekenstrepen dubbelgevouwen en nog een keer gelast, zodat er door de druk van de vloeistof in de tank geen lekken kunnen komen. De laatste grote dop wordt nu op de tank gekit.

De hoeken van de tank worden vervolgens met de hoogfrequent lasmachine aan elkaar gelast. Tot slot moeten er nog verstevigingshoeken aangebracht worden. Dit wordt gedaan d.m.v. het ponsen van gaten in de hoeken en hierin pinnen te slaan. De Flexxotank is nu klaar. Om de kwaliteit te controleren op volledige luchtdichtheid, wordt de tank opgeblazen met lucht en zeep. Zo kan eenvoudig gezien worden of er lekken aanwezig zijn. Tot slot wordt de Flexxotank opgevouwen volgens een vouwplan en in een transportzak geschoven.

Vervolgens wordt een kant en klare Flexxotank ingepakt in een krat voor Unicef, een Flexxobladder kit genoemd. Bij het gereed maken van de Flexxobladder kit hoort naast het produceren van de Flexxotank ook het maken van een grondzeil. Deze zeilen worden gemaakt op dezelfde manier als de eerste stappen van de productie van de Flexxotank. Er wordt folie uitgerold en vervolgens worden er banen afgemeten, afgetekend en geknipt. Deze banen worden vervolgens aan elkaar gelast en zo vormt zich een grondzeil. Ook dit zeil wordt volgens een vouwplan opgevouwen.

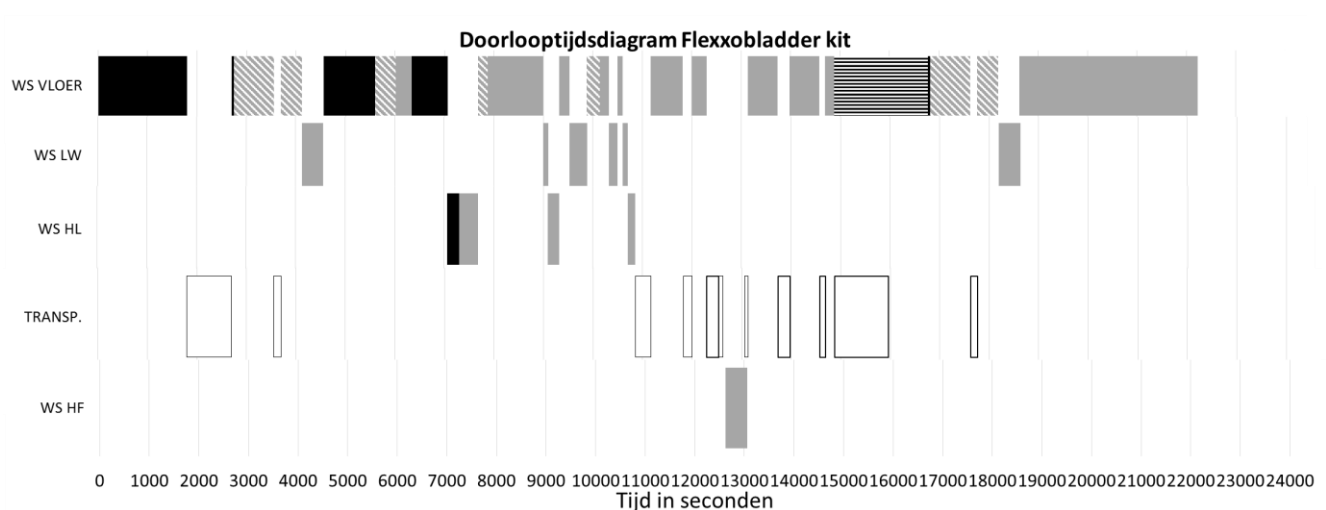
De laatste stap in het produceren van de Flexxobladder kit is het inpakken van het krat. In het krat komt de Flexxotank, het grondzeil, een door een leverancier kant-en-klaar geleverde metalen constructie met

aftappunten voor het aftappen van water, diverse gereedschappen en onderdelen als schroeven en een reparatiesetje.

Doorlooptijd productie Flexxotank

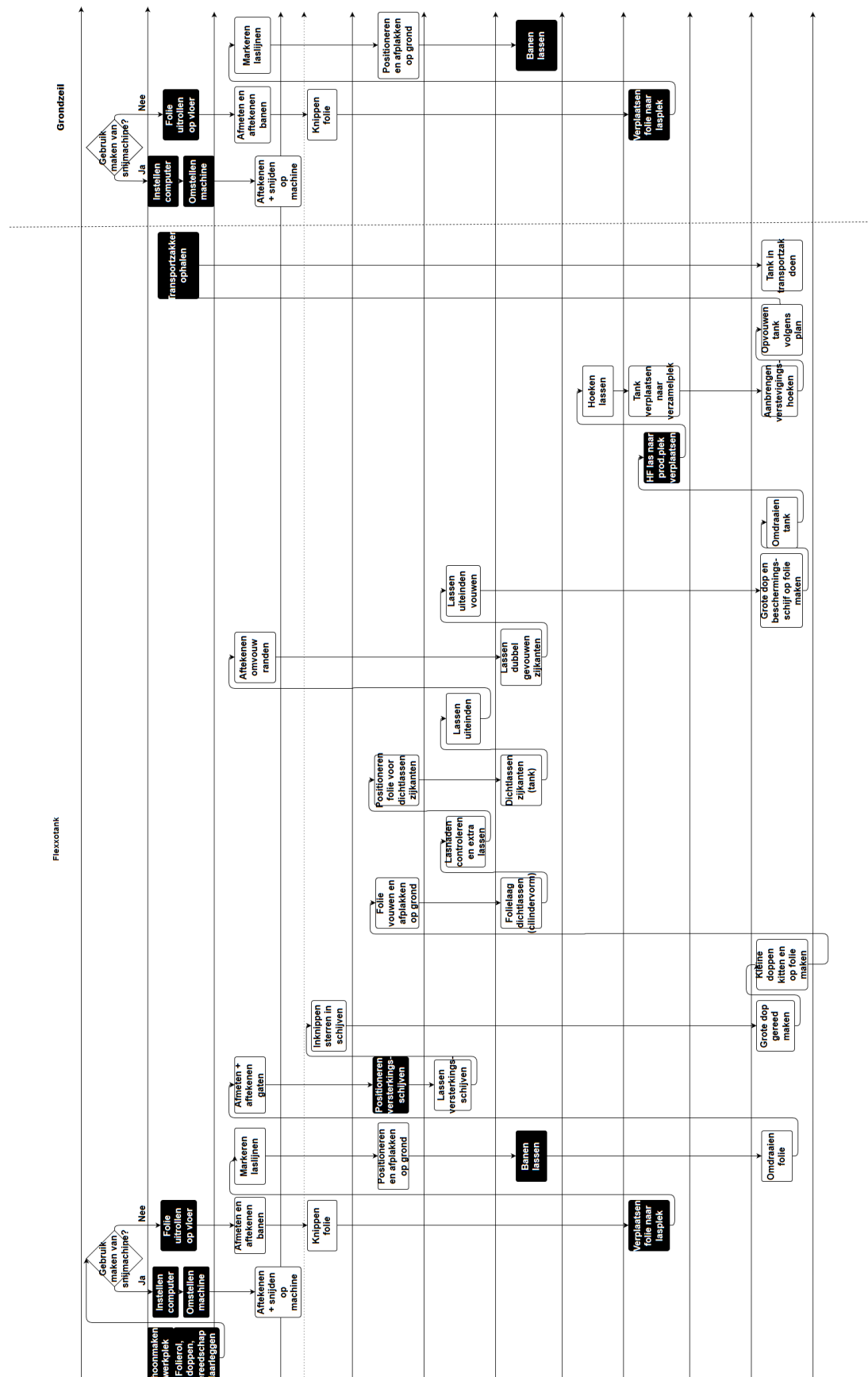
Voor het bepalen van de doorlooptijd van de productie van een Flexxotank is er een aanname gemaakt. Tijdens het observeren en het meelopen in de fabriek is er een serie van 10 Flexxotanks van 17 m³ geproduceerd. De doorlooptijden zijn gebaseerd op de productie van deze tanks. De afmetingen van de 20m³ tank komen zeer overeen met de afmetingen van de geobserveerde tank. Er wordt daarom aangenomen dat de doorlooptijd voor de 20 m³ tank hetzelfde is als de 17 m³.

De doorlooptijd van de productie is gebaseerd op gemiddeld vier observaties. Een beperkt aantal observaties is niet erg, omdat het productieproces redelijk constant is. De doorlooptijd van het produceren van een Flexxotank van 17m³ is bij handmatige productie 4 uur en 39 minuten. De doorlooptijd van de Flexxobladder kit is op basis van gesprekken met de productiemedewerkers bepaald. Het produceren van het grondzeil verloopt op dezelfde manier als de eerste productiestappen van de Flexxotank. De tijd om het grondzeil te maken is 31 minuten. De doorlooptijd van het inpakken van het krat is ook bepaald op basis van gesprekken met de productiemedewerkers. Het inpakken neemt 1 uur in beslag. De doorlooptijd van het produceren van de Flexxobladder kit voor Unicef is dus 6 uur en 10 minuten. Hieronder is een diagram te zien met de doorlooptijden van de Flexxobladder kit.



Figuur 33: Doorlooptijdsdiagram Flexxobladder kit, tijd in seconden

3.2 Flowchart productieproces Flexxotank



Figuur 34: Gedetailleerde flowchart Flexxotank

Bijlage 4: Tabel met doorlooptijden Flexxomatten

Tabel 9: Doorlooptijd per werkzaamheid Flexxomat TT,P,PT

Waaraan wordt de doorlooptijd besteed?						
Soort mat	TT 2210x2000		P 900x900		PT 900x900	
	Tijd sec	In %	Tijd sec	In %	Tijd sec	In %
Voorbereidings- en transporttijd	3289	32,1%	865	28,8%	1024	28,9%
Opwarmen apparatuur	192	5,8%	192	22,2%	192	18,8%
Materieel van en naar het magazijn/opbergkast	448	13,6%	90	10,4%	120	11,7%
Opruimwerkzaamheden	960	29,2%	252	29,2%	252	24,6%
Wegbrengen en ophalen halffabricaten	240	7,3%	125	14,5%	100	9,8%
Transport tussen werkstations	725	22,0%	145	16,8%	300	29,3%
Overige voorbereidingen	724	22,0%	60	6,9%	60	5,9%
Bewerkingstijd	6945	67,9%	2139	71,2%	2518	71,1%
Afmeten, aftekenen, markeren en knippen	2413	34,7%	991	46,3%	1037	41,2%
Thermisch lassen met laswagen of handlas	2042	29,4%	140	6,5%	210	8,3%
Overige werkzaamheden op de tafel	1664	24,0%	354	16,5%	414	16,4%
- Naaïen	215	3,1%	0	-	0	-
- Ponsen	123	1,8%	66	3,1%	66	2,6%
- Afwerken mat	293	4,2%	104	4,9%	104	4,1%
- Inpakken voor transport	323	4,7%	184	8,6%	184	7,3%
- Staalplaten bewerken	710	10,2%	0	-	0	-
- PT: slang in tunnel	0	-	0	-	60	2,4%
Staalplaten knippen, stansen en slijpen	168	2,4%	0	-	0	-
Hoogfrequent lassen	658	9,5%	624	29,2%	827	32,8%
P(T): Schuim in mat schuiven bij HF	0	-	30	1,4%	30	1,2%
Totale tijd	10234	100%	3003	100%	3542	100%

Bijlage 5: Berekening batchgrootte snijmachine

De berekening van de batchgrootte voor het markeren en snijden van PVC folie voor de bodemlagen staat hieronder in tabel ... :

Tabel 10: Doorlooptijd handmatig-geautomatiseerd bij verschillende batchgroottes

Afronden getallen	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4
Aantal	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Handmatig	00:15:30	00:13:45	00:13:23	00:13:33	00:13:22	00:13:22	00:13:23	00:13:23	00:13:18	00:13:23
Machine (F)(M)	00:33:16	00:21:34	00:14:43	00:11:18	00:09:15	00:07:53	00:06:54	00:06:10	00:05:36	00:05:08
Machine (F)(A)	00:33:48	00:17:25	00:11:57	00:09:13	00:07:35	00:06:29	00:05:43	00:05:08	00:04:40	00:04:18
Machine (F)(O)	00:28:51	00:14:56	00:10:18	00:07:59	00:06:36	00:05:40	00:05:00	00:04:30	00:04:07	00:03:49
Machine (G)(M)	00:34:02	00:17:32	00:12:02	00:09:17	00:07:38	00:06:32	00:05:45	00:05:09	00:04:42	00:04:20
Machine (G)(A)	00:25:44	00:13:23	00:09:16	00:07:12	00:05:58	00:05:09	00:04:34	00:04:07	00:03:46	00:03:30
Machine (G)(O)	00:20:47	00:10:54	00:07:37	00:05:58	00:04:59	00:04:19	00:03:51	00:03:30	00:03:14	00:03:00

De berekening voor de handmatige optie is als volgt:

Tabel 11: Benodigde data handmatig-geautomatiseerd snijden

Berekening FLEXXOMATTEN Snijmachine / Handmatig knippen			Voorbereiding
Afmeting tafel	2500*6000 mm		00:02:00
Flexxomat standaard formaat T 221 x 200	Aantal	10	
Hoeveel stuks kunnen er op een tafel?		3	
PVC Handmatig standaard formaat (T 221*200)	Tijd (T221*200)		
		Je kunt 3 matten op 1 tafel maken. rekenformule maken voor afronden naar boven, $n/3$ (n=aantal matten) . $1/3=0,33 \rightarrow 1$. $4/3=1,33 \rightarrow 2$ en zo doorgaan. Zo krijg je de goede tijd voor het uitrollen van de	
PVC folie uitrollen	00:00:30	folie	
PVC folie aftekenen	00:05:00		
PVC folie knippen	00:02:00		
PVC folie markeren	00:06:00		
Totaal	00:13:30		

Het duurt gemiddeld 2 minuten om de tafel voor te bereiden voor het knippen en aftekenen. Dit betreft het ophalen van benodigd materieel (afteken- en knipgereedschap) en het leegmaken van de tafel. De voorbereidingstijd wordt gedeeld door het aantal matten dat er per batch gemaakt wordt. Per drie matten (op de 6000 tafel kunnen 3 bodemlagen van 2000 mm breedte geknipt en afgetekend worden) moet er een keer folie uitgerold worden. Het aftekenen, knippen en markeren is de tijd per mat.

De zes machinemogelijkheden betreffen de zes voorbereidingsmogelijkheden op de machine die in paragraaf 4.3.1 beschreven zijn. De voorbereidingstijd per mat is de tijd die bij de voorbereidingssituatie pas gedeeld door de batchgrootte. De productietijd per mat is gebaseerd op het meten van 10 matten, deze tijd wordt dus gedeeld door 10. Daarbij komt de verzamel- en inpaktijd + verplaatsen + gemiddelde problemen gedeeld door de batchgrootte. Samen vormt dit de doorlooptijd van een bodemlaag.

Tabel 12: Data geautomatiseerd snijden Flexxomat T

PVC Snijmachine standaard formaat (T 221*200)	
Insteltijd computer tekening fouten (aanpassen, overleggen, controleren)	00:10:51
Insteltijd computer als alles klopt	00:02:47
Omsteltijd machine (folie laden uit magazijn)	00:15:44
Omsteltijd machine (folie ligt klaar achter machine)	00:07:25
Productietijd voor 10 matten afm. 221 * 200	00:10:18
Verzamelen en inpakken in opslag	00:01:40
Verplaatsen folie naar tafel	00:04:00
Gemiddelde problemen in minuten	00:08:50
Vorbereidingstijd fouten (F) en folie uit magazijn (M)	00:26:35
Vorbereidingstijd fouten (F) en folie achter machine (A)	00:18:16
Vorbereidingstijd fouten (F) en folie op machine (O)	00:13:19
Vorbereidingstijd goed (G) en folie uit magazijn (M)	00:18:31
Vorbereidingstijd goed (G) en folie achter machine (A)	00:10:12
Vorbereidingstijd goed (G) en folie op machine (O)	00:05:16

Bijlage 6: Berekening doorlooptijd snijmachine nieuwe situatie

Hieronder is te zien hoe de doorlooptijd van de productie op de snijmachine opgebouwd is.

Tabel 13: Doorlooptijd productie op de snijmachine per productfamilie, tijd in seconden

Doorlooptijd productie snijmachine (tijden in seconden)		7019 (01:56:59)
	Productfamilie 1	Productfamilie 2
Totale insteltijd (aantal x insteltijd per stuk)	420	420
- Aantal snijtekeningen (1 per soort mat)	7	7
- Insteltijd per snijtekening	60	60
Totale omsteltijd (aantal x omsteltijd per stuk)	297	455
- Aantal benodigde rollen	2	2
- Omsteltijd per rol	148	227
Totale snijtijd	2058	808
Totale transporttijd	1090	1473
- Bakken verplaatsen + inpakken magazijn	970	1353
- Ophalen & wegbrengen bok	120	120
Totale tijd in seconden	3865	3155
Totale tijd in uren	01:04:24	00:52:35
Totale doorlooptijd snijmachine per stuk in seconden	45	37

Bijlage 7: Berekening winst voor terugverdientijd

Tabel 14: Data berekening terugverdientijd investeringen

Grafiek terugverdientijd							
Met uitvoering aanbevelingen							
Jaar	Omzet	TGW	Investering	Materiaalkosten	Totale kosten	Winst	Winst met uitvoering aanbevelingen
1	200.000	100000	100950	50000	250950	-50.950	-50.950
2	300.000	84600		75000	159600	140.400	89.450
3	450.000	126900		112500	239400	210.600	300.050
4	600.000	169200		150000	319200	280.800	580.850
Zonder uitvoering aanbevelingen							
Jaar	Omzet	TGW	Investering	Materiaalkosten	Totale kosten	Winst	Winst zonder uitvoering aanbeveling
1	200.000	100000		50000	150000	50.000	50.000
2	300.000	150000		75000	225000	75.000	125.000
3	450.000	225000		112500	337500	112.500	237.500
4	600.000	300000		150000	450000	150.000	387.500



Bibliografie

- Johnson, D. J. (2003). A framework for reducing manufacturing throughput time. *Journal of manufacturing systems*, 22(4), 283.
- Kerkkänen, A. (2007). Determining semi-finished products to be stocked when changing the MTS-MTO policy: Case of a steel mill. *International Journal of Production Economics*, 108(1), 111-118.
- Olhager, J. (2003). Strategic positioning of the order penetration point. *International journal of production economics*, 85(3), 319-329.
- Slack. (2013). *Operations Management*. Edinburgh Gate: Pearson Education Limited.

