

MASTER

Dakpannen op de grond hoeveel & hoe minder

van Vught, R.P.

Award date:
2011

[Link to publication](#)

Disclaimer

This document contains a student thesis (bachelor's or master's), as authored by a student at Eindhoven University of Technology. Student theses are made available in the TU/e repository upon obtaining the required degree. The grade received is not published on the document as presented in the repository. The required complexity or quality of research of student theses may vary by program, and the required minimum study period may vary in duration.

General rights

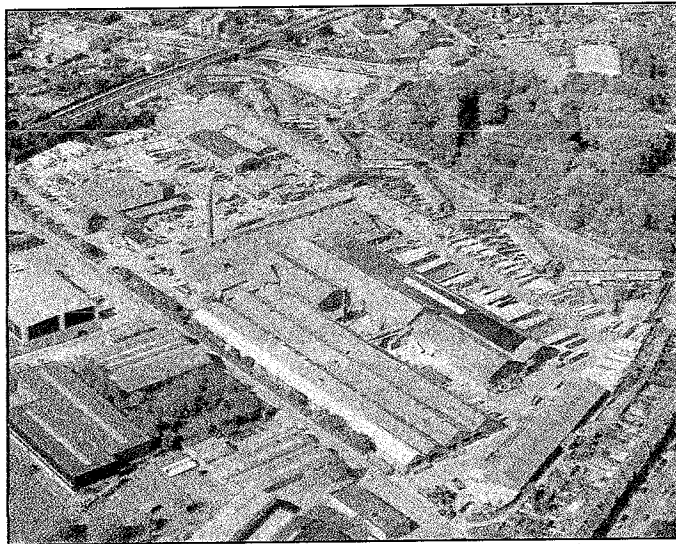
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain

Dakpannen op de grond

Hoeveel & Hoe minder

Lafarge Roofing Benelux B.V.



NIET
UITFEENBAAR

juli 2004 – mei 2005

- Project:** Onderzoek op het logistieke vlak te Tegelen
- Afstudeerder:** Robbert van Vught (*student Technische Bedrijfskunde, Technische Universiteit Eindhoven*)
- Projectleider:** ing. Norbert Lauret (*Locatiemanager Tegelen*)
- TU/e:** ir. A.L.J. Geenen (*1^o begeleider, Capaciteitsgroep Operations Planning Accounting & Control, Faculteit Technologie Management*)
ir. E.M.M. Winands (*2^o begeleider, Capaciteitsgroep Operations Planning Accounting & Control, Faculteit Technologie Management / Capaciteitsgroep Besliskunde en Stochastiek, Faculteit Wiskunde & Informatica*)
- Stuurgroep:** ir. Jan van den Brink (*Industrial Director Lafarge Roofing Benelux B.V.*)
ing. Norbert Lauret (*Locatiemanager Tegelen*)
dhr. Harry Laumans (*Commercial Director Lafarge Roofing Benelux B.V.*)
ir. Ger Julicher (*Hoofd Verkoopbinnendienst*)

Abstract

The subject of this master thesis is the finished goods inventory at a roofing tiles factory (process industry) in The Netherlands. A dynamic, discrete, stochastic, steady-state model was designed and used to determine the finished goods inventory required to achieve the desired customer service level. The batch size per type of roofing tile was chosen for further analysis. In a situation with more change-overs, the annual savings on the inventory holding costs are significantly higher than annual costs increases.

Voorwoord

Voor u ligt de definitieve rapportage van de afstudeeropdracht van de auteur bij Lafarge Roofing Benelux B.V. In het kader van deze afstudeeropdracht is de benodigde voorraad eindproduct bepaald om de gewenste servicegraad te kunnen halen. Tevens is de mogelijkheid onderzocht om deze benodigde voorraad te reduceren door vaker om te bouwen.

Als student van de vijfjarige ingenieursopleiding Technische Bedrijfskunde van de faculteit Technologie Management aan de Technische Universiteit Eindhoven, afstuderend in de richting Logistiek bij de capaciteitsgroep Operations Planning Accounting & Control, heb ik dit afstudeerproject uitgevoerd. Het afstudeerproject vormt het sluitstuk van de opleiding. Dit verslag vormt samen met de eindpresentatie, die ik zal geven op 1 juni 2005 te Eindhoven, de afronding van het afstudeerproject.

Dankbaar ben ik voor de steun en input van en de sturing door dhr. Geenen en dhr. Winands (begeleiders TU/e) en de ondersteuning en adviezen van dhr. Jan van den Brink, dhr. Norbert Lauret, dhr. Harry Laumans en last but not least van dhr. Ger Julicher die samen de stuurgroep van Lafarge Roofing Benelux B.V. voor dit project vormden.

Tevens is de auteur Ben Könings (Teamleider Afnemersservice), Ferd van den Berg (Hoofd Productie), Guus Killaars (Hoofd Afnemersservice), Hans Offermans (Productieplanner), Henriette Boonen (medewerker Administratie), Jan Holla (Locatie Administrateur), Jan Smeets (Hulpstukkenplanner), Marcel Scheurs (Hoofd Technische Dienst), Pascal Greijn (medewerker Administratie), Regien Janssen (medewerker administratie), de dames van Afnemersservice en de rest van de medewerkers in Tegelen dankbaar voor goede sfeer op de locatie en de tijd die door deze mensen is vrijgemaakt voor dit project. Dit ondanks de reorganisaties bij Lafarge Roofing Benelux B.V. en de grote druk op deze mensen door de huidige marktomstandigheden.

Het afstuderen was voor mij een zeer leerzame ervaring. Tijdens de studie wordt vaak benadrukt dat de theorie en de praktijk een wereld van verschil zijn. Zelf in deze wereld van verschil een project uitvoeren bleek zo eenvoudig nog niet. Mijn begeleiders hebben mij de ruimte gegeven om rond te zwemmen zonder mij daarbij te laten verdrinken. Waarschijnlijk zal ik in de rest van mijn carrière niet meer zo rond kunnen spartelen, ik ben blij dat ik dit heb mogen ervaren.

Met het afronden van dit afstudeerproject komt er niet alleen een einde aan de soep elke middag en de Limburgse vlaaien, dit afstudeerproject betekent tevens het einde van mijn studententijd. Als student heb ik veel geleerd, maar ook veel gezien en ervaren. Mijn ouders, familie, vrienden en alle mensen die ik ben tegengekomen wil ik hartelijk bedanken voor hun bijdrage aan deze onvergetelijke tijd.

Ik wens eenieder veel leesplezier!
Robbert van Vught.

Management Summary

0. Preface

This master thesis is the result of the graduation project by Robbert van Vught. The project was supervised by the Operations, Planning, Accounting & Control group of the Department of Industrial Engineering and Management Science at the Eindhoven University of Technology in the Netherlands.

1. The company Lafarge

Lafarge S.A. is the world leader in the building materials industry. The project was carried out at Lafarge Roofing Benelux B.V., which is the business unit of the Roofing division of Lafarge S.A. responsible for the Dutch and Belgium markets. Besides the head office in Montfoort and the sales office in Roermond, there are four production locations for roofing tiles. The project was carried out at the clay roofing tiles factory in Tegelen. At this site, three production lines are in use. This project focuses on the Lingl line, which is the main line and responsible for 85% of the production volume in Tegelen.

2. The external environment

Nowadays, the roofing tiles market is highly competitive. The market has decreased each year since the year 2000. Furthermore, Lafarge Roofing Benelux B.V. faces strong competition from German roofing tiles producers. Germany has large overcapacities nowadays and to keep production volumes up, they offer tiles at low prices in the Dutch and Belgium markets.

In order to cope with this highly competitive market, Lafarge Roofing Benelux B.V. has decided to produce four types of roofing tiles in Tegelen instead of three types.

3. Problem identification

The firing of clay roofing tiles in a kiln requires a huge capital investment, and the energy consumption per roofing tile will be higher if the capacity of the kiln is not fully used. Therefore, maximum capacity utilization is required to keep the cost price as low as possible. Furthermore, stopping and starting the kiln is not easy and causes production loss.

With the market decreasing year after year, maximum capacity utilisation caused the finished goods inventory to increase each year. In the same time, more product variants were introduced. In the summer of 2004, there was consensus that the finished goods inventory was larger than needed and this caused the management to search for solutions.

The decision was taken to reduce the level of finished goods inventory. However, it was not known how much finished goods inventory was needed for the new situation with more variants and four types instead of three types. Additionally, the effects of changing the values of the steering variables on the finished goods inventory needed were unknown.

4. The key operational processes

The main characteristics of the production line are the following:

- Only one type of tile can be produced at the same time.
- A changeover to another type involves high set-up costs, which is not the case if only the colour is changed.
- Steps 2 to 8 are interconnected. If one machine drops out, the whole line drops out.

(1) Clay preparation *5 weeks*



(2) Forming *4.200 per hour*



(3) Drying *34 hours*



(4) Colouring *4.200 per hour*



(5) Entering Kiln system *4.200 per hour*



(6) Firing *1 day*



(7) Exiting Kiln system *4.200 per hour*



(8) Packaging *4.200 per hour*

The clay preparation starts with mixing different types of clay, after which the clay is stored to let the organic materials decompose and moist the clay.

The roofing tiles are formed, four at the same time, on an automatic turn table press with a capacity of 18 strokes per minute.

After the tiles have been formed, they need to be dried before they can be fired in the kiln.

After drying the tiles, a substance with pigment is added. The tiles are placed on separate fireproof cassettes and loaded on platforms which are queued afterwards to enter the kiln.

The platforms holding the cassettes enter the kiln. In the kiln the temperature rises to 1100 °C in order to turn the clay into hard and durable ceramic and to glaze the tiles. The oven runs 24 hours a day and is stopped only once a year.

After firing, the platforms are queued and unloaded.

The last machine places the tiles on pallets.

Approximately 50,000 tiles are produced each day of the week. Three teams operate the machines 17 hours a day, 7 days a week. Only once a year the production stops when the kiln is switched off.

5. The design and testing of the dynamic, discrete, stochastic, steady-state model

In order to determine the finished goods inventory required, a dynamic, discrete, stochastic, steady-state model was designed in Microsoft Excel.

The main assumptions are:

- The capacity is balanced with the deliveries needed to achieve the required service level
- late deliveries are not possible; sales are lost if they cannot be delivered
- only one type of tile can be produced at the same time

The basic idea of the model is that the stock will increase if less demand than needed to achieve the required service level is delivered. However, achieving a higher service level will result in a decrease of the stock. Running the model long enough will result in a steady state. The inventory in that steady state is the inventory required to achieve the service level.

The production is planned using a hierarchical structure. Firstly the type of tile is chosen for a predefined number of weeks. Secondly, the production capacity is allocated to the variants of the chosen type.

The seasonal pattern has been quantified and incorporated in the designed forecast model. The variability of each variant (34 in total) has been determined and the corresponding mean and variance of the Poisson distribution has been calculated for each variant.

The model has been tested for the situation with three types. The required inventory turned out to be 2.8 million tiles for a customer service degree of 98%. After the summer in 2004, capacity was downsized to reduce the finished goods stock levels. The actual stock level dropped from 4 million to 2.6 million tiles. 2.6 million tiles caused the service level to drop below the required level. It was not possible to compare the 2.8 million to the actual needed inventory, simply

because the actual needed inventory is not known. However, the value of 2.8 million is in line with the expectations of the people involved.

6. The determination of the finished goods inventory level required

The main difference between 2004 and 2005 is the fourth type of tile in production. This fourth type of tile is the primary reason for the increase in the needed inventory.

The inventory level needed turned out to be 4.1 million tiles.

7. The effect of changing the steering variables on the finished goods inventory level needed

The effects of changing the values of three steering variables (as introduced below the table) have been researched using the model. The finished goods inventory levels needed in millions of tiles are given below.

capacity / demand	Fixed period in the planning	Production run per type		
		2 weeks	3 weeks	4 weeks
0.92	2 weeks	2.3	2.8	3.3
	5 weeks	2.5	2.9	3.5
	8 weeks	2.6	3.1	3.4
0.95	2 weeks	2.5	3.2	3.6
	5 weeks	2.9	3.4	3.8
	8 weeks	2.9	3.4	3.7
0.98	2 weeks	3.1	3.7	4.2
	5 weeks	3.4	4.0	4.4
	8 weeks	3.6	4.1	4.5

The first steering variable is the number of weeks per *production run per type*. This steering variable determines the change-over frequency. Using a value of two weeks instead of four weeks results in a decrease of approximately one million tiles of the finished goods inventory level needed.

The second steering variable is the *fraction of capacity and demand*. This steering variable determines the maximum achievable service level when the model is in steady state. Changing the value of this fraction from 0.98 to 0.92 results in a decrease of one million tiles of the finished goods inventory level needed.

The third steering variable is the *fixed period in the planning*. Lowering this fixed term from eight to five weeks does not seem to cause a significant decrease in the needed goods inventory level. Lowering this fixed term to two weeks results in savings of some hundred thousands of tiles.

8. The annual savings that can be achieved by increasing the change-over frequency

The steering variable *production run per type* was selected for further research. The value of this variable determines the changeover frequency, e.g. the number of times per year that a changeover occurs. The more changeovers, the lower the finished goods inventory needed.

First, the benefits of the reduction in the finished goods inventory needed were quantified. The total cost of extra capital investment, renting space, and extra handling turned out to be € 0.104 per tile annually.

Secondly, the costs of increasing the changeover frequency were calculated. The production loss per changeover turned out to be less than a quarter of the budgeted loss of 20,000 tiles. The total

cost of the production loss, overtime labour, materials etc. per changeover accumulated to approximately € 1,500.-

The annual savings of using a three-week production run length instead of a four week production run length are € 37,000. Using a two week production run length generates savings of € 95,000.

9. A tool to assist in the aggregate planning

A tool was developed for the aggregate planning of the types of roofing tiles. The seasonal pattern, that was found to model demand, is incorporated in this tool. The tool also uses the variance of the variants to calculate the needed safety stock per period.

The tool supports the iterative process of planning the types. Changing the aggregate planning immediately shows the consequences for the expected available stock per period. The tool itself does not contain any heuristic for planning. The simple reason for this is that suitable heuristics are not available in the literature. However, the tool creates more insight in the iterative process of planning and it saves time.

10. Conclusions and recommendations

Conclusion 1: The kiln is the bottleneck only because all the machines in the line are interconnected.

Conclusion 2: More finished goods inventory is needed than was expected for the new situation with four types.

Conclusion 3: Increasing the change-over frequency will save almost an additional € 60,000 annually. Not quantified is the expected commercial benefit of shorter lead times.

Conclusion 4: Using an aggregate type planning is appropriate. A tool was developed to assist in planning the types.

Recommendation 1: Research the possibilities to break the interconnected operation of the machines.

Recommendation 2: It could be that the costs of some kiln logistics troubles are lower than the costs of the loss of capacity to prevent all kiln logistics troubles. Increase the throughput in the kiln and evaluate what happens.

Recommendation 3: Increase the change-over frequency by using type production runs of two weeks.

During the project, the most used word at the location besides *roofing tile* was the word *budget*. It almost seems to be the case that the budget is more important in the judgment of people than their actual performance is. Another point of attention for the management might be that the differences in SAP among budgets, reality, and targets are not always clear. Having an information system in which these differences are unclear will not be particularly useful for anyone, especially not in a situation in which knowledge of the information system is scarce.

Inhoudsopgave

ABSTRACT	I
VOORWOORD	II
MANAGEMENT SUMMARY	III
HOOFDSTUK 1: INLEIDING EN BEDRIJFSBESCHRIJVING	1
1.1 DE OPBOUW VAN HET VERSLAG.....	1
1.2 DE ONDERNEMING LAFARGE	1
1.2.1 <i>Het bedrijf Lafarge</i>	1
1.2.2 <i>De brancheontwikkelingen</i>	2
1.2.3 <i>De recente bedrijfsontwikkelingen</i>	3
1.3 DE PRODUCTIELOCATIE TEGELEN	3
1.3.1 <i>De grondstoffen</i>	4
1.3.2 <i>De Linglijn</i>	5
1.3.3 <i>De Gibbonslijn</i>	7
1.3.4 <i>De Hulpstukkenlijn</i>	8
1.3.5 <i>Het kwijten en het Tasveld</i>	8
1.3.6 <i>De aansturing van de productielocatie Tegelen</i>	9
HOOFDSTUK 2: PROBLEEMIDENTIFICATIE	10
2.1 DE PROBLEEMIDENTIFICATIE	10
2.2 DE OPDRACHTFORMULERING.....	12
2.3 HET PLAN VAN AANPAK	12
2.4 AFBAKENING.....	13
HOOFDSTUK 3: HET PLANNINGSPROCES	14
3.1 DE RANDVOORWAARDEN EN DE BEPERKINGEN VOOR DE PLANNING	14
3.1.1 <i>De randvoorwaarden</i>	14
3.1.2 <i>De beperkingen</i>	15
3.2 DE STURINGSVARIABLEN VOOR DE PLANNING	15
3.3 DE HUIDIGE PLANNINGSMETHODEN	16
HOOFDSTUK 4: PLAATSING BINNEN DE WETENSCHAPPELIJKE LITERATUUR .18	
4.1 CLASSIFICATIE VAN HET PRODUCTIEPROCES.....	18
4.2 PLANNINGSTECHNIKEN VOOR DE PROCESMATIGE INDUSTRIE MET STOCHASTISCHE VRAAG EN DE BRUIKBAARHEID DAARVAN VOOR DE LINGLIJN	21
4.2.1 <i>Heuristieken ten behoeve van de bepaling van de cyclustijden</i>	22
4.2.2 <i>Volgorderegels</i>	23
HOOFDSTUK 5: HET BEPALEN VAN DE BENODIGDE VOORRAAD	25
5.1 DE KEUZE VOOR EEN SIMULATIEMODEL.....	25
5.1.1 <i>Waarom een model</i>	25
5.1.2 <i>Wat voor soort model</i>	25
5.2 HET CONCEPTUELE SIMULATIEMODEL	26
5.3 DE FORMULERING VAN HET SIMULATIEMODEL	27
5.4 DE VERIFICATIE.....	28
5.5 DE VALIDATIE	30
5.5.1 <i>Validatie aan de hand van de randvoorwaarden en beperkingen</i>	31
5.5.2 <i>Het simuleren van de situatie in 2004</i>	32
5.6 DE BENODIGDE VOORRAAD VOLGENS HET MODEL.....	34

HOOFDSTUK 6: HET EFFECT VAN DE STURINGSVARIABLEN OP DE BENODIGDE VOORRAAD	36
6.1 WIJZE VAN ONDERZOEK.....	36
6.2 KEUZE VAN DE TE ONDERZOEKEN STURINGSVARIABLEN.....	36
6.3 DE MODELRESULTATEN	37
6.4 HET EFFECT VAN DE SERIEGROOTTE PER TYPE	38
6.5 HET EFFECT VAN DE CAPACITEIT/VRAAG-VERHOUDING	39
6.6 HET EFFECT VAN DE PLANNINGSHORIZON.....	40
HOOFDSTUK 7: DE OMBOUWFREQUENTIE	42
7.1 DE KEUZE TOT NADER ONDERZOEK NAAR DEZE STURINGSVARIABLE.....	42
7.2 DE MOGELIJKE BESPARINGEN OP DE VOORRAADKOSTEN.....	42
7.3 DE EXTRA OMBOUWKOSTEN BIJ VAKER OMBOUWEN	45
7.3.1 <i>Het ombouwen</i>	45
7.3.2 <i>Het capaciteitsverlies bij het ombouwen</i>	45
7.3.3 <i>De totale kosten van het ombouwen</i>	46
7.4 DE KOSTENBESPARING BIJ VAKER OMBOUWEN	47
HOOFDSTUK 8: DE ONTWERPEN PLANNINGSTOOL	49
8.1 UITGANGSPUNTEN VOOR DE PLANNINGSTOOL	49
8.2 HET ONTWERP VAN DE PLANNINGSTOOL.....	49
HOOFDSTUK 9: CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN.....	51
9.1 CONCLUSIES.....	51
9.2 AANBEVELINGEN	51
LITERATUUROVERZICHT	53
BIJLAGEN.....	0
BIJLAGE 1: DE POSITIONERING VAN LAFARGE OP DE ZAKELIJKE DAKPANNENMARKT.....	1
BIJLAGE 2: VOORSPELLING VOOR DE WONINGBOUW IN NEDERLAND	2
BIJLAGE 3: SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN DE PRODUCTIELOCATIE TEGELEN	3
BIJLAGE 4: BASISSTOFFEN VOOR GLAZUREN & ENGOBES	5
BIJLAGE 5: DE VARIANTEN OP DE LINGLIJN	6
BIJLAGE 6: SMETMATRIX VOOR WISSELEN VAN KLEUR BIJ DE LINGLIJN	7
BIJLAGE 7: HET LINGL-OVENSISTEEM.....	8
BIJLAGE 8: CAPACITEITSBEREKENING LINGLIJN.....	11
BIJLAGE 9: ORGANISATIESCHEMA'S.....	13
BIJLAGE 10: DE ONTKOPPELPUNTEN	14
BIJLAGE 11: DE RELATIE TUSSEN SERIEGROOTTE EN CYCLUSVOORRAAD	17
BIJLAGE 12: HET EFFECT VAN HET AANTAL TYPES OP DE CYCLUSVOORRAAD	20
BIJLAGE 13: DE VARIABLEN VAN HET SIMULATIEMODEL	25
BIJLAGE 14: HET VOORSPELLEN VAN DE VRAAG	29
BIJLAGE 15: MODELVERIFICATIE MET DETERMINISTISCHE DATA.....	41
BIJLAGE 16: AANPASSINGEN VOOR MICROSOFT EXCEL	42
BIJLAGE 17: HET SIMULATIEMODEL EN DE ONTWERPEN PLANNINGSTOOL	44
BIJLAGE 18: HET PROBLEEM VAN HET MODELLEREN VAN SMET	45
BIJLAGE 19: HET HUREN VAN EXTRA OPSLAGRUIMTE	46
BIJLAGE 20: HET OMBOUWEN	47
BIJLAGE 21: HET BEPALEN VAN HET WERKELIJKE OMBOUWVERLIES	49
BIJLAGE 22: DE PLANNINGSTOOL.....	51

Hoofdstuk 1: Inleiding en bedrijfsbeschrijving

Dit hoofdstuk bestaat uit drie paragrafen. De eerste paragraaf is een inleiding op het verslag, in de tweede paragraaf wordt kennis gemaakt met de onderneming Lafarge en in de derde paragraaf is de productielocatie Tegelen omschreven.

1.1 De opbouw van het verslag

In dit eerste hoofdstuk van het verslag zal de onderneming Lafarge beschreven worden en wel in het bijzonder de productieprocessen op de locatie Tegelen, waar deze afstudeeropdracht wordt uitgevoerd. Het tweede hoofdstuk omvat de probleemformulering waar de opdrachtformulering op gebaseerd is. Dit hoofdstuk omvat ook het vertalen van deze opdrachtformulering in het plan van aanpak.

Aan de hand van het plan van aanpak uit hoofdstuk twee wordt in hoofdstuk drie verslag gedaan van het planningsproces en in hoofdstuk vier van de in de literatuur relevante planningsprincipes. Vervolgens wordt in hoofdstuk vijf gekozen voor een simulatiemodel waarmee de benodigde voorraad is bepaald. In hoofdstuk zes is een aantal scenario's gesimuleerd waarmee het effect van de sturingsvariabelen is gekwantificeerd. De sturingsvariabele type-seriegrootte is gekozen om dieper op in te gaan, deze sturingsvariabele bepaalt de ombouwfrequentie en is onderwerp van hoofdstuk zeven. In hoofdstuk acht wordt een planningstool gepresenteerd die specifiek voor de fabriek in Tegelen is ontworpen. Het verslag eindigt met hoofdstuk negen dat de conclusies en aanbevelingen bevat.

De gevoelige data zijn opgenomen in het niet openbare deel. In de tekst wordt naar dit niet openbare deel verwezen door middel van onderstaande notatie. De niet openbare data zijn opgenomen in die volgorde zoals ze in het verslag aan bod komen.

<NOD H 3.1>

Het voorbeeld hierboven kan gelezen worden als volgt: *Niet Openbaar Deel, Hoofdstuk 3 punt 1*. Indien de H vervangen is door een B dan wordt in plaats van een hoofdstuk een bijlage bedoeld.

1.2 De onderneming Lafarge

In deze paragraaf wordt een beeld geschetst van het conglomeraat Lafarge. Daarbij zal de structuur van deze onderneming worden behandeld zodat duidelijk wordt hoe de productielocatie Tegelen in deze structuur past. Nadat deze structuur is verduidelijkt zal achtereenvolgens aandacht worden geschonken aan de positie van het bedrijf, de brancheontwikkelingen en de recente bedrijfsontwikkelingen.

1.2.1 Het bedrijf Lafarge

Lafarge SA is een in 1833 opgericht Frans conglomeraat van bedrijven in de bouwmaterialenindustrie en is ingedeeld in divisies [1, 2]:

- Cement, omzet: 7,0 miljard Euro, 38 duizend werknemers
- Gypsum, omzet: 1,1 miljard Euro, 5 duizend werknemers
- Aggregates and Concrete, omzet: 4,8 miljard Euro, 21 duizend werknemers
- Roofing, omzet: 1,7 miljard Euro, 13 duizend werknemers

Het bedrijf is actief in 75 landen, maar is voornamelijk Europees. Iets meer dan de helft van de werknemers is Europees, in Noord-Amerika zijn zo'n 15 duizend man werkzaam, in Azië (excl. India) zo'n 10 duizend, in Zuid-Amerika ongeveer 5 duizend en in Afrika en India tot slot zo'n 8 duizend. Lafarge SA is beursgenoteerd in Frankrijk en Amerika.

Lafarge Roofing Benelux B.V. is onderdeel van de Roofing divisie. Deze divisie is in 34 landen actief op meer dan 200 productielocaties. Lafarge Roofing Benelux B.V. heeft haar hoofdkantoor samen met enkele staffuncties en de Verkoopbuitendienst gevestigd in Montfoort, de Verkoopbinnendienst in Roermond en produceert in Tegelen, Woerden, Thorn en Susteren. De eerste drie locaties produceren kleipannen en de locatie Susteren betonpannen.

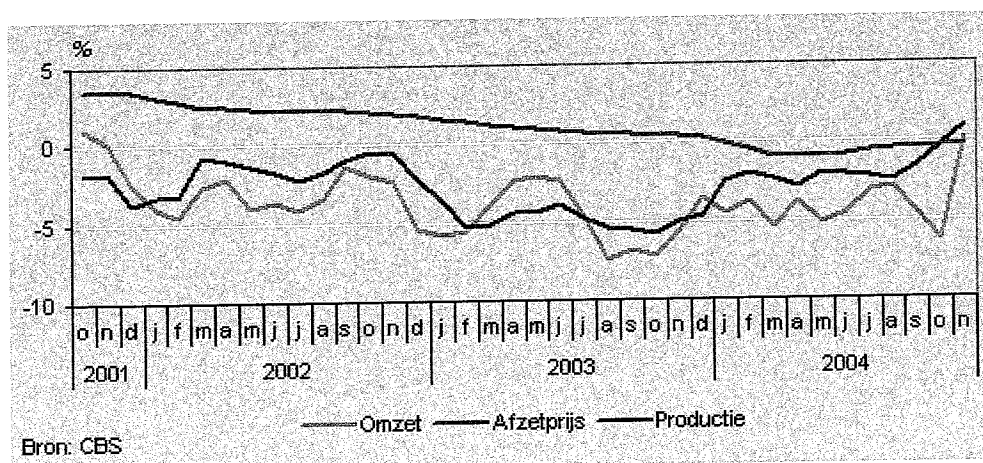
Zoals hierboven staat is Tegelen een productielocatie van kleidakpannen. De pannen die zij produceert worden binnen Lafarge Roofing Benelux niet op andere locaties geproduceerd. Tot de fabriek in Tegelen in 1990 door Redland werd overgenomen was het een familiebedrijf. De fabriek maakt deel uit van Lafarge sinds 1998.

Lafarge is marktleider in de kleidakpannenmarkt in Nederland. De grootste concurrent is Koramic. Koramic is eveneens in Tegelen gevestigd en lijkt marktaandeel te winnen.

1.2.2 De brancheontwikkelingen

De markt van dakbedekkingen wordt gekenmerkt door een trend naar een groter aandeel van pannen en een kleiner aandeel van horizontale dakbedekkingsoorten. Binnen de markt van pannen (in te delen in betonpannen en kleipannen) bestaat een trend dat de betonpannen (pannen van gehard cement) terrein verliezen aan de kleipannen. Binnen de markt van kleipannen bestaat een trend dat er steeds meer varianten gekleurde pannen komen en dat deze terrein winnen op de natuurrode pannen. Tenslotte bestaat de trend dat de grotere types pannen terrein winnen op de kleinere types pannen.

Over de gehele bouwindustrie kan gezegd worden dat deze de afgelopen jaren relatief slecht presteert ten opzichte van de overige industrieën. In figuur 1 is te zien dat zowel de verkoopprijs als de omzet dalen, al lijkt eind 2004 een omslagpunt zichtbaar te worden.



Figuur 1: Vergelijking van de bouwindustrie¹ met de totale industrie [3]

De kleidakpannen uit Tegelen worden zowel voor renovatieprojecten als voor nieuwbouwprojecten gebruikt. Bij nieuwbouwprojecten bestaat de markt voornamelijk uit de woningbouw. Het totaal aantal woningen dat in Nederland gebouwd werd was in 2003 het laagste van de laatste tien jaar, zie tabel 1 hieronder.

¹ De Hout-, bouwmaterialen- en overige industrie is de precieze term van het CBS.

Tabel 1: De totale woningbouw in Nederland de afgelopen 10 jaar [4]

1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
83.689	87.369	93.836	88.934	92.315	90.516	78.625	70.650	72.958	66.704	59.629

De markt in de ons omliggende landen is niet veel beter. Dat heeft tot gevolg dat de Nederlandse markt, met relatief hoge prijzen, interessant is voor buitenlandse fabrikanten die producten zelfs onder de kostprijs verkopen om zo toch aan productievolume te komen.

1.2.3 De recente bedrijfsontwikkelingen

Lafarge Roofing Benelux B.V. heeft een aantal jaar terug in zowel Tegelen als Woerden geïnvesteerd met een tweeledig doel. Ten eerste is de kwaliteit verbeterd; het bedrijf is inmiddels ISO 9001 gecertificeerd. Ten tweede is geïnvesteerd om de productiecapaciteit te vergroten. De fabriek in Tegelen is overgegaan op een drieploegendienst met 24 uur per dag productie. Daarnaast zijn de ovens verlengd en is de doorzetsnelheid van de ovens verhoogd.

In Tegelen worden op de belangrijkste productielijn drie types dakpannen geproduceerd. Hier zit niet één van de grotere types tussen, die de laatste jaren juist in populariteit winnen. De afgenomen vraag en het niet hebben van een groot type hebben geleid tot een misfit tussen de vraag en de productiecapaciteit. De voorraad is zover gegroeid dat besloten is om in 2004 na de zomervakantie op halve kracht te gaan produceren. Hiertoe is van de belangrijkste productielijn één van de twee ovens uitgezet. Door het gaan produceren van een vierde, groter, type zal de capaciteit in de komende jaren volledig benut kunnen worden. Het nieuwe grotere type dient niet alleen om de capaciteit in Tegelen volledig te kunnen benutten, maar tevens om marktaandeel op de zakelijke markt terug te winnen. Lafarge kan die markt nu niet goed genoeg bedienen (zie de portfolio-analyse in bijlage 1). Het produceren in Tegelen is goedkoper dan de import van het grote type uit Duitsland.

Op andere locaties van Lafarge Roofing is ook de productiecapaciteit verkleind door het verminderen van het aantal ploegdiensten. Tijdelijke contracten worden niet meer verlengd bij Lafarge Roofing Benelux B.V. Het ontslag van een aantal medewerkers van de locaties Woerden en Susteren kon daarmee echter niet worden voorkomen.

Zeer recentelijk heeft Lafarge Roofing Benelux B.V. besloten om de activiteiten van Roermond te verplaatsen naar Montfoort. Hierbij worden de personeelsbestanden van beide locaties ingekrompen om zo kostenefficiënter te kunnen werken.

De marktvooruitzichten voor het komende jaar zijn gunstiger, zowel voor de markt in Nederland als voor de omliggende markten. De huidige vooruitzichten voor 2005 lopen uiteen van een evenwicht tussen de vraag en de capaciteit tot een tekort aan capaciteit voor de belangrijkste lijn in Tegelen. In bijlage 2 is ter illustratie de verwachting van de nieuwbouw van huizen in Nederland opgenomen. In tabel 2 hieronder is de voorspelling van Lafarge opgenomen gecombineerd met 2003 en 2004.

Tabel 2: Voorspelling door Lafarge van de vraag naar producten uit Tegelen

<NOD H 1.1>

[jaren 2003 en 2004: SAP, jaren 2005, 2006 en 2007: 5]

1.3 De productielocatie Tegelen

In deze paragraaf zal het productieproces te Tegelen beschreven worden. Als eerste komen de grondstoffen aan bod, vervolgens de productielijnen en tenslotte het kwijten. Na de beschrijving

van het productieproces zal aandacht worden besteed aan de aansturing van de fabriek als onderdeel van Lafarge Roofing Benelux B.V. In bijlage 3 is een schematische weergave van de productielijnen gegeven.

1.3.1 De grondstoffen

De grondstoffen voor de pannen bestaan uit vier soorten klei en basisstoffen voor glazuur.

In totaal zijn er vier soorten klei:

- Klei uit de Eiffel (Duitsland)
- Löss uit Zuid Limburg (Löss bevat veel zand, dit is een verschralingmiddel)
- Klei uit Utrecht
- Leem uit de Maas

Deze vier soorten klei worden gemengd tot een kleimengsel dat in één van de twee kleikelders terecht komt. De samenstelling is onafhankelijk van de kleikelder. De eigenschappen van de vier soorten klei zijn niet constant en bepalen de samenstelling van het kleimengsel. Om de klei te mengen worden walsen gebruikt, tevens wordt het vochtgehalte op peil gebracht en gecontroleerd of er geen stukjes metaal in de klei zitten, metaal kan namelijk de gipsen drukvormen beschadigen.

Er zijn twee kleikelders, een oudere en een nieuwere. De oudere kleikelder wordt gebruikt door de Gibbons- en de Hulpstukkenlijn. De nieuwere kleikelder wordt gebruikt voor de Linglijn. De doorlooptijd van de klei is in de oudere kleikelder zo'n drie maanden en in de nieuwere kleikelder vijf weken. Het kleimengsel is daardoor in de nieuwere kleikelder kwalitatief slechter en dit kan mogelijk resulteren in meer uitval. De kleikelders dienen om het kleimengsel te laten afsterven, als de klei wordt aangevoerd zitten er nog houtresten en organische delen in. Tevens dienen de kleikelders voor het mauken. Het mauken is het in de klei laten trekken van water, dit duurt minimaal twee weken.

De dakpannen van de locatie Tegelen kunnen worden geleverd in 18 kleuren. Om natuurrood te produceren hoeven de dakpannen niet te worden gekleurd. De 17 overige kleuren worden gemaakt uit een aantal grondstoffen waaronder een aantal basiskleurstoffen (een overzicht is opgenomen in bijlage 4). Deze basisstoffen worden besteld aan de hand van de productieplanning. Niet elk type pan is in alle 17 kleuren leverbaar. In bijlage 5 is een overzicht gegeven voor de varianten van de vier types pannen op de Linglijn. Hierin is te zien dat het aantal varianten per type varieert tussen de 3 en 12. Bij het kleuren bestaat een onderscheid in engobes en glazuren. Het verschil tussen beide is dat engobes op kleibasis worden aangemaakt en glazuren op waterbasis. Engobes zijn per definitie mat en poreus, bij het verglazen worden de glazuren gesmolten en vormen deze een waterdichte glaslaag op de pan. Er bestaan zowel mat als glanzend verglaasde varianten. Het kleuren van de pannen is overigens niet van invloed op de levensduur, het verschil is esthetisch. Behandelde pannen hebben niet alleen een kleurtje maar ook de eigenschap dat er geen mos meer op hecht en dat ze dus niet groen worden op de schaduwkant van het dak.

Gips wordt aangevoerd als grondstof voor de persvormen. De persvormen zijn van gips vanwege de combinatie van de stijfheid en de permeabiliteit² van gips. Indien een materiaal zonder voldoende permeabiliteit wordt gebruikt krijgt het product een sinaasappelhuid.

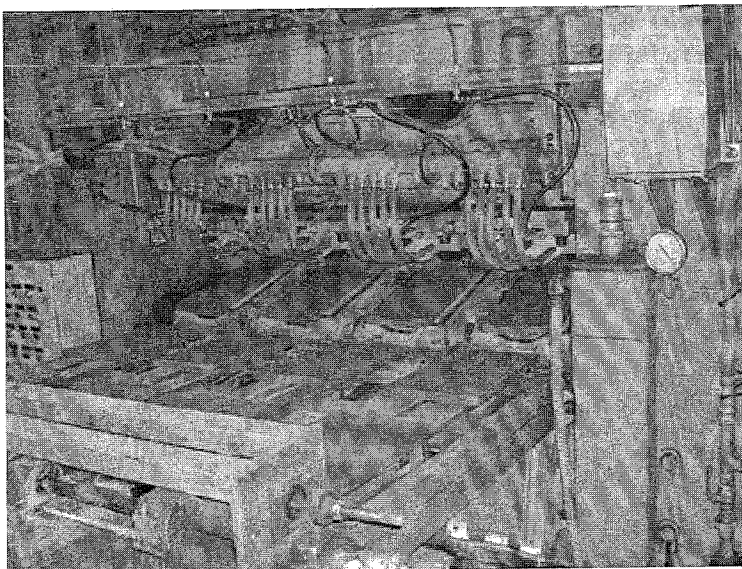
² De permeabiliteit is het waterdoorlatende vermogen. Op de gipsen persvormen zijn vacuümpompen aangesloten die het vocht door de gipsen vorm heen zuigen. Dit is zichtbaar in figuur 2, uit elke gipsvorm komen slangen die zijn aangesloten op een vacuümpomp.

1.3.2 De Linglijn

De Linglijn is de belangrijkste productielijn van de locatie Tegelen. Zij dankt, net als de Gibbonslijn, haar benaming aan de leverancier van de ovens.

De lijn begint bij het afgraven van kleimengsel uit de kleikelder. Nadat het kleimengsel uit de kleikelder is gehaald ondergaat deze een aantal processtappen om het kleimengsel beter te mengen en het vochtgehalte, indien nodig, op peil te brengen. Na deze bewerkingen gaat het kleimengsel eerst door een vacuüm-strengpers om de klei te ontluichten en vervolgens door twee parallelle vacuümpompen die een homogene brei produceren waar vervolgens plakken van af worden gesneden die naar de pers worden getransporteerd.

Het persen van de pannen gebeurt op een viervoudige automatische pers (zie figuur 2) met een typeafhankelijke snelheid tot ongeveer 72 pannen per minuut. Na het persen worden de pannen meteen op maat afgesneden en op rekken gestapeld. Deze rekken worden met wagens naar de droogkamers gebracht. Het systeem is ingericht voor het gelijktijdig persen van één type.



Figuur 2: De viervoudige automatische pers van de Linglijn

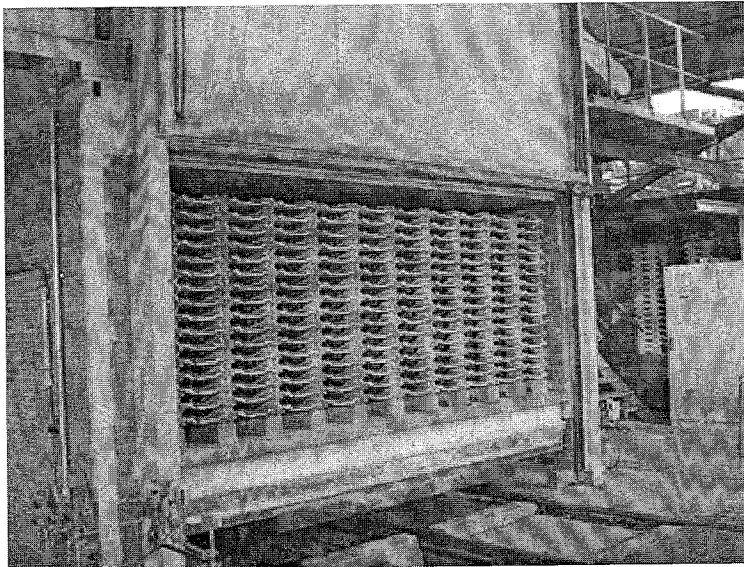
Voor het ombouwen naar andere types moeten de pers en de rest van de lijn worden omgebouwd. Voor dit ombouwen, onafhankelijk van welk type naar welk type, staat een productieverlies van 20.000 stuks (meer dan zes uur productie). Deze omstelnorm staat voor het veranderen van het type, niet voor het veranderen van de kleur tijdens de productie van een type. Voor het wijzigen van de kleur hoeft namelijk veel minder omgebouwd te worden. In de 10-wekenplanning houdt de planner geen rekening met productieverlies als gevolg van het omstellen.

De Linglijn kent, net als de andere lijnen, haar eigen droogkamers. In deze droogkamers wordt de temperatuur gefaseerd verhoogd naar zo'n 70 °C, dit dient om het vocht uit de klei te krijgen. De producten verblijven op de Linglijn ongeveer 34 uur in de droogkamers. In de droogkamers is geen capaciteit over om een voorraad op te bouwen die groter is dan de vereiste werkvoorraad van 34 uur productie. Tevens is hier het opbouwen en afbouwen van voorraad niet mogelijk door de koppelingen in de lijn.

Na de droogruimtes gaan de pannen door een glazuurmachine om al dan niet met een glazuur of engobe bedekt te worden. De glazuurmachine vernevelt de glazuur of engobe en spuit deze op de bovenkant en randen. Om de kleur te wijzigen dient deze machine schoongemaakt te worden en

dient een nieuw vat met glazuur of engobe aangesloten te worden. Tevens dient de lijn dan leeggedraaid te zijn. Om productieverlies te voorkomen gebeurt dit na de middagploeg. Het wisselen van kleur kan in principe altijd en geeft nagenoeg geen productieverlies. Indien elke dag wordt omgesteld kan wel productieverlies optreden in de lijn omdat de inpakmachine dan te vaak moet worden omgebouwd. Bij het wisselen van de kleur moet wel rekening worden gehouden met de overgang van kleur naar kleur, sommige overgangen zijn wel toegestaan en andere overgangen zijn daarentegen niet toegestaan vanwege smet. Smet is een verschijnsel dat in de oven optreedt als een wolk van glazuurdampen in de oven hangt terwijl daar product doorgeschoven wordt dat gevoelig is voor deze glazuurdampen. Smet leidt tot uitval of tot WBS-partijen³. In bijlage 6 wordt een overzicht gegeven van de wel en niet toegestane kleurovergangen bij de Linglijn.

De pannen worden na de glazuurmachine automatisch op de ovencassettes geladen. Deze ovencassettes zijn in het jaar 2000 vernieuwd, zijn plat en bieden plaats aan één pan (zie figuur 3). Deze cassettes vervangen de U-vormige cassettes die daarvoor werden gebruikt. In de U-cassettes kunnen gelijktijdig meerdere pannen. De U-cassettes hebben echter als probleem dat de pannen tegen elkaar aan kunnen vallen en dan was na het bakken de glazuurlaag beschadigd. Per ovenwagen kunnen als gevolg van deze ombouw minder dan half zoveel pannen beladen worden, toch is de capaciteit van de Linglijn toen echter wel toegenomen door het gaan werken in drieploegendienst en door het verlengen van de ovens. De doorzet in ovenwagens per dag is na de ombouw meer dan verdrievoudigd. Tijdens het proces worden de pannen visueel en met behulp van een geluidstest gecontroleerd. De geluidstest bestaat uit het tegen de pan schieten van een kogeltje en het toetsen van de golflengte van het geluid aan een ingesteld interval.



Figuur 3: Een ovenwagen met gebakken pannen komt uit de Lingl-oven

De volle ovenrekjes worden automatisch op ovenwagens geladen. In het Lingl computersysteem wordt ingevoerd welke pannen op een wagen staan. Het Lingl computersysteem dirigeert wagens naar de voorverwarmzone. Voorverwarmen is nodig omdat het temperatuurverschil van de oven met de omgevingslucht te groot is, niet of te kort voorverwarmen resulteert in meer breuk. Het Lingl-computersysteem, vollediger beschreven in bijlage 7, past de temperatuur in de oven aan als gevolg van de doorzet en zorgt dat de ovenwagens met pannen van de Linglijn na het bakken bij

³ WBS staat voor woningbouwstichting, WBS partijen zijn producten die technisch goed zijn maar een kleurafwijking hebben waardoor ze niet meer voor de normale prijs verhandeld kunnen worden. Deze pannen kunnen bijvoorbeeld door een Woningbouwstichting gebruikt worden in een renovatieproject.

de ontladingsmachine van de Linglijn terechtkomen. De oven van de Linglijn wordt namelijk niet alleen gebruikt door de Linglijn maar ook door de Hulpstukkenlijn. In bijlage 7 wordt toegelicht dat er een minimale doorzet vereist is in de oven van ongeveer 85% van de capaciteit.

Het stilleggen van de oven is een omvangrijke operatie en dit kan alleen indien de kleur natuurood wordt geproduceerd. De oven wordt maar één keer per jaar stilgelegd en dat is tijdens de bouwvakantie. Bij het stilleggen van de oven geldt in de periode ervoor en erna ook een productieverlies. Dit komt erop neer dat in de zomer een productieverlies optreedt van ongeveer vier weken. Afgelopen jaar is als noodingreep rond Kerst en de jaarwisseling de oven ook twee weken stilgelegd, is er vier weken vakantie ingepland in de zomer in plaats van drie en is in de tweede helft van het jaar één van de twee ovens die samen de Lingl-oven vormen stilgelegd om de voorraad af te bouwen. Naar verwachting zal dit in 2005 en verder niet meer nodig zijn, de verwachting is zelfs dat de capaciteit ontoereikend zal zijn de komende jaren.

De pannen van de Linglijn worden na gebakken te zijn weer automatisch uit de ovenrekjes gepakt, gecontroleerd en automatisch op pallets gestapeld en ingepakt. Dit ontladen gebeurt evenals het beladen 17 uur per dag⁴, 's nachts ontstaat een buffer bij de ontladingsmachine en overdag wordt een buffer tussen de beladingmachine en de oven (die 24 uur per dag doorgaat) opgebouwd. In bijlage zeven wordt nader ingegaan op de layout van de Lingl-oven. De totale verblijfsduur van de pannen in het Lingl-systeem is de tijd in de oven plus de wachttijd, dit komt neer op een duur van één tot twee dagen.

1.3.3 De Gibbonslijn

In paragraaf 1.3.2 is de Linglijn behandeld. In deze paragraaf zullen de verschillen tussen de Linglijn en de Gibbonslijn worden aangestipt, indien geen verschillen worden gegeven verschilt de opzet van de lijn niet van de opzet van de Linglijn.

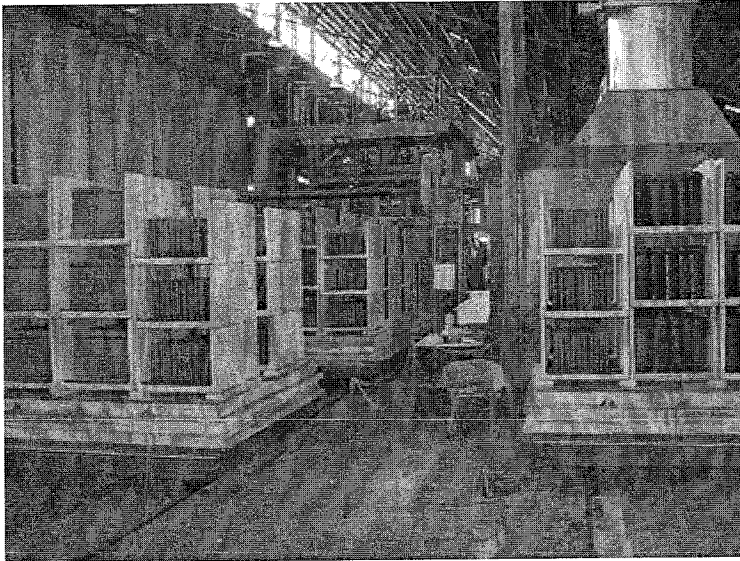
Van de zeven types pannen worden er drie op de Linglijn geproduceerd en vier op de Gibbonslijn. De pannen die op de Gibbonslijn worden geproduceerd zijn oudere en kleinere types dan op de Linglijn. De types die op de Gibbonslijn worden geproduceerd kennen een veel kleinere vraag, de totale productie op de Gibbonslijn is zo'n tien keer kleiner dan op de Linglijn. De Gibbonslijn kent een veel minder geautomatiseerde productie en daarbij is het wel mogelijk om verschillende typen pannen tegelijkertijd te maken. De doorlooptijd is zo'n 70 uur in de Gibbons-oven tegen 18 uur in de Lingl-oven.

Kenmerkend voor de Gibbonsoven is dat er altijd verschillende types en hulpstukken worden gebakken die door elkaar op de ovenwagens staan. Bij de planning voor al deze producten moet rekening gehouden worden met het optreden van smet. De Gibbonsoven werkt nog met de oudere U-vorm ovenrekjes, zie figuur 4. De wagens hebben twee soorten rekjes, grote en kleine. Niet elke soort kan in de kleinere rekjes.

Een deel (een kwart tot een derde) van de geperste pannen van de Gibbonslijn gaat rauw of gebakken naar Thorn. In Thorn worden deze door een speciaal ovenproces gesmoord⁵. Thorn kent geen productie van rauw product meer en krijgt van verschillende locaties producten aangeleverd.

⁴ 17 uur per dag exclusief de pauzes, de vroege dienst 8 uur en de late dienst 9 uur op een dag (Zo kan er 7 * 19 = 119 uur per week verdeeld worden over drie diensten, dat resulteert in een werkweek van ongeveer 40 uur gemiddeld.

⁵ Smoren: een speciaal ovenprocédé waarbij de klei blauw wordt, zie voetnoot 1 op blz. 5



Figuur 4: Ovenwagens met gebakken product uit de Gibbons-oven

1.3.4 De Hulpstukkenlijn

De Hulpstukkenlijn is de enige lijn zonder eigen oven. Een deel van de producten wordt gebakken in de Lingl-oven en de rest in de Gibbons-oven. Er bestaan vele soorten hulpstukken (+/- 120 types leverbaar in in totaal 18 kleuren) met wisselende vraagpatronen en grote verschillen in de jaaromzet. De hulpstukken met de grootste afzet worden gebakken in de Lingl-oven, dit zijn de gevelpannen (zowel links als rechts), de nokpannen en de ventilatiepannen behorende bij de pantypes die op de Linglijn gemaakt worden. Deze productie is geautomatiseerd. Veruit de meeste hulpstukkenvarianten worden in de Gibbons-oven gebakken.

De hulpstukkenafdeling heeft de beschikking over een relatief groot aantal droogkamers, de (dikkere) hulpstukken moeten namelijk langer drogen dan de pannen. Ondanks de langere droogtijden is het breukpercentage van de hulpstukken veel hoger (meer dan 10% breuk) dan dat van de pannenproductie. De Linglijn heeft met een breukpercentage van zo'n 3 tot 4% relatief de minste breuk.

De Hulpstukkenlijn kent wel iets dat de andere lijnen niet kennen en dat is een ontkoppelpunt tussen het persen en het kleuren en bakken van de producten. Dit ontkoppelpunt van gedroogde producten (op de zolder boven de Lingl-oven) ontleent zijn bestaansrecht aan de seriegroottes van het persen van hulpstukken met een zeer geringe vraag, voor sommige hulpstukken is het persen van 500 producten voldoende voor meer dan een jaar vraag. Deze producten kunnen op het gewenste tijdstip worden gekleurd en gebakken. Dit kan met heel kleine series in de Gibbons-oven.

1.3.5 Het kwijten en het Tasveld

Onder het kwijten wordt verstaan: het leveren van de geproduceerde producten door Productie. Afnemersservice is na het kwijten eigenaar van de voorraad. Bij het kwijten wordt de kwaliteit (inclusief de kleur) van het product gecontroleerd. Bij de pannen gebeurt dit op basis van steekproeven, bij de speciale hulpstukken vindt 100% controle plaats. Het kwijten gebeurt altijd in samenspraak met Productie. Productie is de eigenaar van de geproduceerde producten totdat zij gekweten is. Afnemersservice moet alles wat kwalitatief goed is accepteren bij het kwijten.

Afnemersservice draagt zorg voor het uitleveren van de pannen aan de afnemers. De verkoop van de pannen vindt plaats op het verkoopkantoor te Roermond door de Verkoopbinnendienst in samenwerking met de Verkoopbuitendienst die vanuit Montfoort opereert. Het uitleveren van de pannen gebeurt op het Tasveld, dit is het opslagterrein van de locatie. Het Tasveld is onvoldoende groot gebleken om de voorraadgroei van de afgelopen jaren op te vangen. Bij de burens is extra ruimte gehuurd om de producten te kunnen opslaan. Inmiddels is door het stilleggen van één van de twee ovendelen van de Lingl-oven de voorraad weer aan het afnemen.

De benaming tasveld komt van het woord "tassen" hetgeen opstapelen betekent. Vroeger bestond het opslagterrein uit stapels met pannen. Tegenwoordig wordt gebruikt gemaakt van pallets.

1.3.6 De aansturing van de productielocatie Tegelen

Tegelen wordt door Lafarge Roofing Benelux B.V. aangestuurd met behulp van een budget gebaseerd op de vraag en de beschikbare capaciteit. Zij dient zich aan dit budget te houden. Kostprijs technisch is het het gunstigste om de volledige capaciteit te benutten. Om toch de voorraad te kunnen afbouwen is gekozen voor het tijdelijk inkrimpen van de capaciteit. Het tijdelijk inkrimpen van de capaciteit is verkozen boven het gedurende een langere periode niet volledig benutten van de capaciteit. Het niet volledig benutten van de capaciteit geeft namelijk weinig kostenbesparing omdat het personeel toch betaald moet worden en het energieverbruik van de oven weinig afneemt bij een lagere capaciteitsbenutting. Het tijdelijk inkrimpen van de productiecapaciteit geeft wel een energiebesparing en een loonkostenbesparing omdat een aantal mensen tijdelijk kon worden ondergebracht bij de locatie Susteren.

Zoals elke productielocatie bij Lafarge Roofing Benelux B.V. wordt Tegelen aangestuurd door een locatiemanager. De locatiemanager valt onder de Industrial Director. In de praktijk wordt van de locatiemanager verwacht dat hij het Hoofd Afnemersservice aanstuurt, zij zitten immers op dezelfde locatie. Het Hoofd Afnemersservice behoort echter tot de Commerciële afdeling van Lafarge Roofing Benelux B.V. die onder de Commerciële Directeur valt. Eenzelfde soort structuur is van toepassing voor het Hoofd Administratie die wel aangestuurd wordt door de locatiemanager maar formeel niet onder de locatiemanager valt. In bijlage 9 zijn de organisatieschema's opgenomen waarin dit zichtbaar is.

De productieplanning in Tegelen wordt gemaakt door de planner. Om te waarborgen dat de planning is gebaseerd op de vraag heeft het Hoofd Afnemersservice inspraak in de planning, hij valt formeel niet onder de locatiemanager zoals hierboven is toegelicht.

Hoofdstuk 2: Probleemidentificatie

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op het geïdentificeerde probleem en de daarop gebaseerde opdrachtformulering. Bij de opdrachtformulering hoort de afbakening en het plan van aanpak zoals deze ook in dit hoofdstuk worden behandeld.

2.1 De probleemidentificatie

De opdracht is begonnen met een brede scan op het logistieke vlak met betrekking tot de locatie Tegelen. In de beginfase is dan ook een brede stuurgroep samengesteld. Het productieproces, de aansturing en de ontkoppelpunten zijn tijdens de brede scan in kaart gebracht.

Tijdens de brede scan is gebleken dat de locatie Tegelen een complex productiesysteem heeft (zoals beschreven in paragraaf 1.2 en bijlage 3 en 7) waarbij er tussen veel processtappen niet ontkoppeld wordt (een overzicht van de ontkoppelpunten met toelichting is opgenomen in bijlage 10). De locatie Tegelen kan hierbij gezien worden als drie afdelingen die alle het traject van kleimengsel tot eindproduct omvatten.

Na de uitbreiding van de fabriek in 2000 is de vraag weer afgenomen. De voorraad is daardoor gegroeid en iedereen is het er over eens dat de voorraad groter was dan nodig. Welke voorraad eindproduct wel nodig is om de vereiste servicegraad te halen (met de huidige vraagpatronen en het gegroeide aantal varianten) bleek onbekend en onderwerp van discussie binnen Lafarge Roofing Benelux. Eveneens onbekend waren de effecten van het aantal varianten, de lengte van de planningshorizon en de type-seriegrootte op de benodigde voorraad eindproduct.

In de literatuur wordt een onderscheid gemaakt tussen goederenstroombeheersing en afdelingsbeheersing. Deze begrippen zijn door Prof. dr. de Kok [6] als onderstaand gedefinieerd.

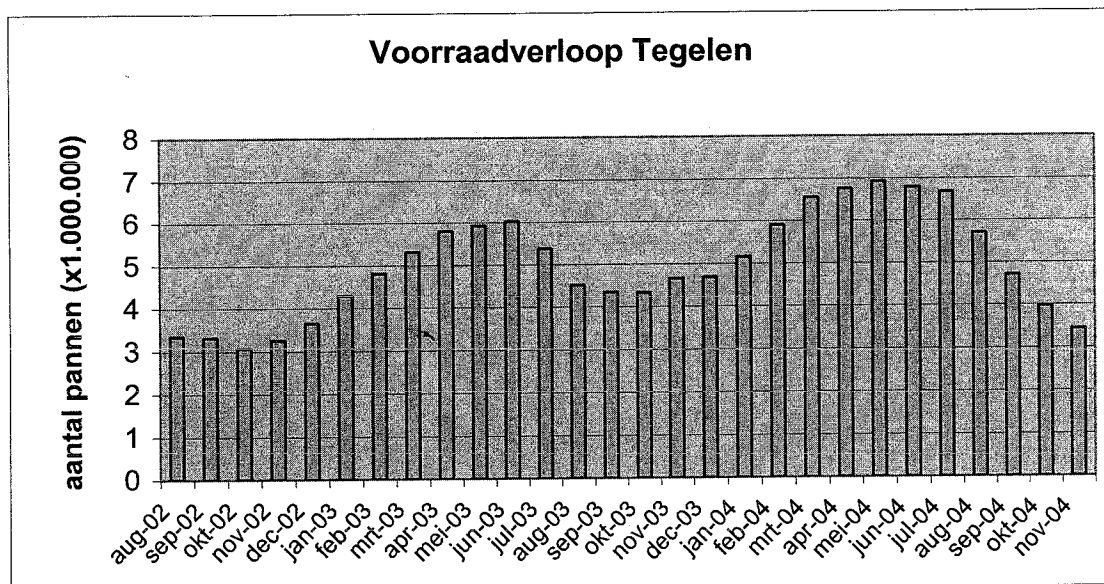
Met Goederenstroombeheersing bedoelen we de coördinatie tussen productieafdelingen van activiteiten gericht op het vrijgeven van productieorders en beschikbaar stellen van materiaal, productiemiddelen en arbeid, zodanig dat de activiteiten van de Afdelingsbeheersingsfunctie leiden tot het op tijd gereedmelden van de productieorders, waarna deze ofwel kunnen worden vrijgegeven aan een andere afdeling dan wel uitgeleverd aan klanten (eventueel een magazijn). Goederenstroombeheersing coördineert dus ook de activiteiten op de interface tussen Productie en Verkoop.

Met Afdelingsbeheersing bedoelen we (zie [7]) de coördinatie van activiteiten binnen een afdeling gericht op het gereedkomen van productieorders op een door de goederenstroombeheersingsfunctie vastgestelde due date, uitgaande van door de goederenstroombeheersingsfunctie vastgestelde vrijgavemomenten. De coördinatie van activiteiten heeft met name betrekking op de bepaling van het moment waarop verschillende productiebewerkingen worden uitgevoerd, in welke combinaties en door welke mensen/machines.

In beide definities speelt het woord afdeling een cruciale rol. Een afdeling of productie-unit is een organisatorische eenheid, die voor de korte termijn vrijelijk over de haar ter beschikking gestelde middelen kan beschikken en verantwoordelijk is voor het op tijd maken van een verzameling eindproducten uit een verzameling componenten.

Deze problematiek speelt op het vlak van de afdelingsbeheersing en niet op het vlak van de goederenstroombeheersing. In het *hierarchical Production Planning and Control framework* [8] komt dit overeen met het *Tactics level*.

De problematiek om de benodigde voorraad te bepalen is actueel binnen het bedrijf. Het bedrijf is bezig de voorraad te verminderen terwijl er minstens één nieuw type bij zal komen. Het bedrijf is zich ervan bewust dat zij niet kan bepalen tot welke waarde de voorraad kan worden teruggebracht. De stijging van de voorraad in de afgelopen tijd (en het seizoenspatroon) is zichtbaar in figuur 5 hieronder. De sterke daling in de laatste maanden in de figuur is niet alleen toe te schrijven aan het seizoenseffect maar ook aan het tijdelijk inkrimpen van de capaciteit.



Figuur 5: Voorraadverloop in Tegelen

Het probleem is aldus gedefinieerd als een gebrek aan inzicht in de benodigde voorraad en de effecten van de sturingsvariabelen, randvoorwaarden en beperkingen op deze benodigde voorraad. Deze probleemstelling bakent de problematiek af tot het effect dat de logistieke parameters hebben op de benodigde voorraad. De logistieke parameters zijn door Bertrand et al. [7] omschreven als afspraken over het functioneren van een productieafdeling. De eerder genoemde vereiste servicegraad, de lengte van de planningshorizon, het aantal varianten (een variant is gedefinieerd als een bepaald type pan met een bepaalde kleur) en de type-seriegrootte zijn voorbeelden van logistiek parameters.

Tijdens de oriëntatiefase is een aantal bestaansredenen geïdentificeerd voor de voorraad eindproduct.

- Cyclusvoorraad. De Linglijn kan slechts één type tegelijkertijd produceren. Dit houdt in dat er van de andere types voorraad moet zijn om in de vraag naar die types te kunnen voorzien. Hierbij zijn vooral van belang:
 - o Het aantal types
 - o De lengte van de productieruns per type
- Veiligheidsvoorraad. De vraag is stochastisch en daarom is veiligheidsvoorraad nodig voor het opvangen van de variantie in de vraag gedurende de tijdsperiode die ligt tussen het moment van besluiten tot de productie van een bepaalde variant en het moment van gereedkomen van die productiebatch opdat de vereiste servicegraad gehaald wordt [9] of zoals in het boek *Factory Physics* [8, blz. 70] omschreven: *inventory that protects the system against stockouts due to fluctuations in demand.*
- Seizoensvoorraad. De vraag kent een seizoenspatroon en de productie is constant (en ligt tijdens de bouwvakantie stil). Dit vereist het gebruik van capaciteitsvoorraad: in de periodes met weinig vraag moet worden geproduceerd voor de periodes met veel vraag.

2.2 De opdrachtformulering

Na de oriëntatiefase is in overleg met de stuurgroep en de TU/e begeleider⁶ de opdracht als volgt geformuleerd:

Opdrachtformulering:

Het bepalen van de optimale voorraad eindproducten voor de locatie Tegelen, waarbij de sturingsvariabelen in kaart zullen worden gebracht en een keuze zal worden gemaakt tot nader onderzoek naar een aantal van deze sturingsvariabelen. Het onderzoek kan zich richten op zowel productietechnische randvoorwaarden als randvoorwaarden in de wijze van aansturing en plannen. Onder een optimale voorraadhoogte wordt verstaan de kleinst mogelijke voorraad waarbij het servicelevel te realiseren is.

Het onderzoek richt zich op de gehele voorraad eindproducten omdat de onderdelen van deze voorraad (cyclusvoorraad, voorraad als gevolg van voorspelfouten, veiligheidsvoorraad en seizoensvoorraad) samenhangen en daardoor niet afzonderlijk te bepalen zijn. In het boek *Factory Physics* wordt het belang van deze integrale benadering benadrukt in de onderstaande passage [8, blz. 585]

Notice that the factors motivating finished goods inventory interact. For instance, whenever we build finished goods inventory to provide short lead times or to cover seasonal demand we increase exposure of the system to forecasting errors. Because of this, it is important to view finished goods inventory holistically. Only by doing this we can consider basic structural changes that may offer significant potential.

2.3 Het plan van aanpak

In de vorige paragraaf is de opdrachtformulering aan bod gekomen. In deze paragraaf wordt deze opdrachtformulering vertaald in een plan van aanpak. Per kopje zullen de stappen hieronder kort behandeld worden.

Stap 1: Identificeren van de randvoorwaarden en beperkingen

Om inzicht te verkrijgen in de complexiteit van het systeem is de eerste stap het identificeren van wat het systeem nu zo complex maakt voor de planning. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen randvoorwaarden en beperkingen. Randvoorwaarden staan min of meer vast (zoals het slechts één type pan gelijktijdig kunnen produceren op de Linglijn). Randvoorwaarden kunnen wel gewijzigd worden maar dit vergt in het algemeen investeringen. Beperkingen zijn eigenlijk ook randvoorwaarden, hetzij minder zwaar omdat deze eenvoudiger op te heffen zijn (zoals de beperking dat maar op één dag in de week omgebouwd kan worden).

Stap 2: Identificeren van de sturingsvariabelen

Na de randvoorwaarden en beperkingen worden de sturingsvariabelen geïdentificeerd. Een sturingsvariabele is niet hetzelfde als een randvoorwaarde of een beperking. Sturingsvariabelen zijn de variabelen waarin keuzes gemaakt kunnen worden (zoals een planningshorizon).

Stap 3: Analyseren van de werkwijze van de planner

Deze stap is erop gericht om te kijken hoe in de praktijk wordt omgegaan met de relevante randvoorwaarden en beperkingen.

⁶ Op het moment van het definiëren van de opdrachtformulering was de tweede afstudeerbegeleider nog niet bekend.

Stap 4: Literatuuronderzoek naar relevante planningsmethoden

Alvorens de situatie te modelleren wordt het productieproces in de wetenschappelijke literatuur geplaatst en wordt onderzocht welke planningstechnieken in de literatuur voorhanden zijn.

Stap 5: Zoeken naar methodes om uitspraken te kunnen doen over de benodigde voorraad

Deze stap is erop gericht om een geschikte methode te vinden om de benodigde voorraad te bepalen voor de huidige situatie.

Stap 6: Het doen van een uitspraak over de benodigde voorraad

Een in stap 5 gevonden methode zal gebruikt worden om de benodigde voorraad te bepalen voor de huidige situatie.

Stap 7: Zoeken naar methodes om het effect van sturingsvariabelen op de benodigde voorraad te kunnen onderzoeken

Deze stap is gericht op het vinden van een methode om uitspraken te kunnen doen over het effect van het wijzigen van een sturingsvariabele op de benodigde voorraad.

Stap 8: De invloed van de sturingsvariabelen op de benodigde voorraad onderzoeken

De in stap 7 gevonden methode zal gebruikt worden om de benodigde voorraad voor een aantal scenario's te bepalen om zodoende inzicht te verkrijgen in het effect van de sturingsvariabelen op de benodigde voorraad.

Stap 9: Het kiezen van een sturingsvariabele om nader onderzoek naar te doen

Aan de hand van de haalbaarheid sturingsvariabelen te wijzigen en de mogelijke reductie in de benodigde voorraad zal een sturingsvariabele worden gekozen om nader onderzoek naar te doen.

Stap 10: Nader onderzoek naar de gekozen sturingsvariabele

De in stap 9 gekozen sturingsvariabele zal nader worden onderzocht. Hierbij zal worden gekeken naar de mogelijkheden om relevante randvoorwaarden en beperkingen op te heffen. Kosten en baten van het wijzigen van de waarde van de sturingsvariabele zullen worden afgewogen.

In het volgende hoofdstuk zullen de eerste 3 stappen worden uitgewerkt. Hoofdstuk 4 behandelt stap 4. In hoofdstuk 5 zullen stap 5 en 6 aan bod komen. Stap 7 en 8 vormen de basis voor hoofdstuk 6 en hoofdstuk 7 omvat stap 9 en 10.

2.4 Afbakening

Bij de eerste vier stappen bleek dat de drie afdelingen, Linglijjn, Gibbons-lijn en Hulpstukken, nogal van elkaar verschillen in zowel de randvoorwaarden, beperkingen en sturingsvariabelen, als in de wijze waarop de planning voor deze afdelingen gemaakt wordt en ook in de classificatie binnen de wetenschappelijke literatuur. In overleg met de stuurgroep en de TU/e begeleiders is de opdracht afgebakend tot de grootste lijn, de Linglijjn (zo'n 85% van de productie uit Tegelen komt van de Linglijjn).

Hoofdstuk 3: Het planningsproces

In dit hoofdstuk zullen de eerste drie stappen van het in paragraaf 2.3 besproken plan van aanpak worden behandeld. Dit houdt in dat zowel de randvoorwaarden en beperkingen als de sturingsvariabelen in kaart zullen worden gebracht en de huidige planningsmethoden worden onderzocht.

3.1 De randvoorwaarden en de beperkingen voor de planning

In deze paragraaf is stap één van het plan van aanpak uitgewerkt, dat is het identificeren van de randvoorwaarden en de beperkingen in de planning. Hierbij komt specifiek de Linglijn aan bod. In de eerste sectie zullen de randvoorwaarden kort besproken worden en in de tweede sectie de beperkingen.

3.1.1 De randvoorwaarden

In dit deel komen de randvoorwaarden aan bod en worden deze toegelicht. Het verschil met de beperkingen is dat de randvoorwaarden over het algemeen moeilijker op te heffen zijn.

1. Het kleimengsel moet 5 weken afsterven in de kleikelder

Deze afsterftermijn is nodig om de organische stoffen in de klei te laten afsterven en voor het mauken (het water in de klei laten trekken). Indien dit niet gebeurt zal meer breuk optreden.

2. Het is niet mogelijk om voorraad op te bouwen in de droogkamers

De beschikbare capaciteit van de droogkamers is wel voldoende om de producten lang genoeg te kunnen drogen, maar meer capaciteit is er niet.

3. De pannen moeten 34 uur in de droogkamers verblijven

De capaciteit van de droogkamers is toereikend om bij maximale productie de producten 34 uur in de droogkamers te laten drogen.

4. De Linglijn kent een typeafhankelijke capaciteit per week

Deze capaciteit wordt bepaald door het aantal slagen per minuut, de gemiddelde breukpercentages en de gemiddelde capaciteitsbenutting bij de pers (het persrendement). Omdat het ovensysteem minder pannen kan verwerken dan de pers kan produceren hoeft het omstellen van types niet direct tot capaciteitsverlies van de hele lijn te leiden. Hierbij speelt ook een eventuele wijziging van het aantal pannenwagens een rol⁷. De gemiddelde normproductie per week is in evenwicht met het Lingl-ovensysteem. Zolang een toename in het aantal keer omstellen niet leidt tot een lagere typeafhankelijke capaciteit bij het deel van de lijn met de persen, zal de capaciteit van de totale lijn niet afnemen. In bijlage 8 is de berekening opgenomen dat de normproductie per type overeenkomt met een benutting van <NOD H3.2>.

5. Bij het stilleggen van de oven moet natuurrood worden geproduceerd

Dit is in paragraaf 1.2.2 en meer in detail in bijlage 7 besproken.

6. Niet elke overgang van variant naar variant is mogelijk vanwege smet

In bijlage 6 zijn de toegestane overgangen opgenomen voor de Linglijn.

⁷ Indien meer pannenwagens in het systeem komen kan de capaciteit worden opgevoerd, dit verkleint wel de relatieve overcapaciteit van de rest van de lijn waardoor er eerder capaciteitsverlies van de totale lijn zal optreden als gevolg van omstellen. Momenteel wordt overwogen om alle hulpstukkenwagens om te bouwen tot pannenwagens.

3.1.2 De beperkingen

In dit deel komen de beperkingen aan bod en worden deze toegelicht. Het verschil met de randvoorwaarden is dat de beperkingen over het algemeen makkelijker op te heffen zijn.

1. De basisstoffen voor glazuren & engobes moeten twee tot zeven weken voor levering besteld worden

Sommige basisstoffen hebben een langere levertermijn dan andere. De basisstoffen zijn lang houdbaar, al aangemaakte glazuren/engobes niet. Een overzicht van de basisstoffen is opgenomen in bijlage 4. Deze beperking is op te heffen door een andere leverancier te zoeken die kortere levertijden kan garanderen of door zelf een voorraad aan basisstoffen aan te houden. In de bijlage is te zien er dan veel basisstoffen op voorraad gehouden moeten worden waarbij enkele basisstoffen uniek zijn voor een kleur.

2. Het wisselen van de kleur bij een type kan alleen na een productiedag

Dit kleurwisselen wordt gedaan na de laatste ploeg zodat het omstellen van kleuren niet resulteert in productieverlies (de lijn moet worden leeggedraaid alvorens de kleur te wisselen). Zoals vermeld in hoofdstuk 1 is dit de afspraak op de locatie. Deze beperking kan worden opgeheven door op de locatie af te spreken dat kleurwissels ook gedurende de dag mogen. Als gevolg hiervan kan dan capaciteitsverlies optreden.

3. Het ombouwen van type naar type kan op één vaste dag in de week

Dit is in overleg met de Technische Dienst. De Technische Dienst moet veel capaciteit (uren) beschikbaar hebben tijdens het ombouwen en de dag erna. De gekozen dag voor de ombouw is daarom ook geen weekenddag. Het ombouwen geeft capaciteitsverlies in de lijn, maar door een relatieve overcapaciteit van de pers hoeft dit niet tot het verlagen van de productie van de totale lijn te leiden (zie ook hoofdstuk 1 en bijlage 8). Voor het traject tot de oven staat een omstelnorm van 20.000 stuks. Deze beperking is op te heffen door andere afspraken te maken met de Technische Dienst. Als gevolg hiervan kan de Technische Dienst wellicht haar planningsaanpassingen en meer uren maken.

(4. Tijdens de bouwvakantie ligt de productie stil)⁸

Er wordt in deze periode wel vraag uitgeleverd. De bouwvakanties zijn gespreid over drie regio's waardoor in totaal 5 weken één of meerdere regio's vakantie hebben en één week alle regio's vakantie hebben. De week dat alle regio's vakantie hebben is Afnemersservice ook gesloten. Afnemersservice is ook gesloten in de eerste en laatste week elk jaar terwijl de productie dan wel doorgaat. In 2001 heeft de Linglijn ook in de bouwvakantie gedraaid omdat er ondercapaciteit was. De personeelsbezetting is toen op peil gehouden door de medewerkers gespreid vakantie te geven en tevens medewerkers van andere lijnen in de bouwvakantie in te zetten gecombineerd met uitzendkrachten.

3.2 De sturingsvariabelen voor de planning

In deze paragraaf worden de sturingsvariabelen geïdentificeerd, dit vormt stap twee uit het plan van aanpak zoals beschreven in paragraaf 2.3. Hierbij wordt specifiek de Linglijn bekeken. De sturingsvariabelen zijn logistieke parameters, Bertrand et al. [7] noemen er vier waarbij er nog een vijfde is gedefinieerd met betrekking op de wijze van plannen.

Logistieke parameters zijn door Bertrand, Wortmann en Wijngaard omschreven als afspraken over het functioneren van een productieafdeling [7 (blz. 114)]. Voor Tegelen zijn onderstaande vijf logistieke parameters als sturingsvariabele onderscheiden.

⁸ Deze beperking staat tussen haakjes omdat het wellicht meer een sturingsvariabele is dan een beperking, het is namelijk een keuze om juist in de bouwvakantie de werknemers vrij te geven. Al zal het verschuiven van deze vakantieperiodes in de praktijk niet geaccepteerd worden.

1. De capaciteitsbeladingsgraad

De capaciteitsbeladingsgraad dient maximaal te zijn. Lafarge Roofing Benelux acht de kostprijstijging als gevolg van het niet volledig benutten van de capaciteit onacceptabel. Indien de capaciteit niet in evenwicht is met de vraag wordt getracht het evenwicht te herstellen door hetzij meer weken in een jaar te produceren (doorwerken in de bouwvakantie), hetzij tijdelijk de capaciteit in te perken (één van de twee ovens gedurende een periode uitschakelen).

2. De seriegrootte per type

Hoe kleiner de seriegrootte per type, hoe lager de benodigde voorraad. De cyclusvoorraden nemen namelijk af bij kleinere series. In bijlage 11 wordt geïllustreerd dat de te verwachten samenhang van de seriegrootte per type en de cyclusvoorraden lineair is, het halveren van de seriegroottes geeft een halvering van de cyclusvoorraden. De seriegrootte per type is door het managementteam in Tegelen gebonden aan een minimum van drie weken productie om de omstelkosten te beheersen.

3. De levertijd

Het management van Lafarge Roofing Benelux hanteert een systeem waarbij uit voorraad wordt geleverd. Het is de doelstelling alles te kunnen leveren op de door de klant gewenste datum.

4. De servicegraad

Het management van Lafarge Roofing Benelux wenst een hoge servicegraad.

De servicegraad kan op meerdere manieren worden uitgedrukt, in het algemeen zijn in de literatuur P1, P2 en P3 gedefinieerd [9(blz. 245)].

- P1 is gedefinieerd als de fractie (of het percentage) van de cycli waarin alle vraag op tijd geleverd kan worden. Een cyclus is gedefinieerd als de tijd tussen de aanvang van de productierun en de aanvang van de eerstvolgende productierun.
- P2, ook wel fill rate genoemd, is gedefinieerd als de fractie (of het percentage) van de vraag dat op tijd geleverd kan worden. Het afgelopen jaar was de P2 van de varianten op de Linglijn nagenoeg 100%.
- P3 is gedefinieerd als de fractie (of het percentage) van de tijd dat de voorraad positief is.

In de rest van dit verslag zal gewerkt worden met de definitie van de P2 servicegraad.

5. De planningshorizon

De planningshorizon is de termijn dat de productieplanning niet meer gewijzigd kan worden. Momenteel is de planningshorizon 6 tot 10 weken, na elke maand wordt een nieuwe 10-wekenplanning gemaakt door de zes overgebleven weken weer tot tien weken aan te vullen. In de praktijk kan echter binnen de planningshorizon nog met kleuren geschoven worden (mits de basisstoffen tijdig beschikbaar zijn) en dit gebeurt ook. Verkoop doet beloftes aan de hand van de 10-wekenplanning.

3.3 De huidige planningsmethoden

Deze paragraaf behandelt de planningsmethoden zoals de planner voor de locatie Tegelen die hanteert. Stap 3 uit het plan van aanpak uit paragraaf 2.3 wordt hiermee behandeld. Hierbij wordt specifiek de Linglijn bekeken conform de afbakening in paragraaf 2.4.

De Productieplanner is verantwoordelijk voor de planning voor de Linglijn. Bij het maken van de planning plant hij eerst de types in en daarna per type de varianten. Een variant is gedefinieerd als een bepaald type in een bepaalde kleur.

Voor het inplannen van de types werkt de Productieplanner met een planning tot het einde van het jaar. Hij probeert hierbij om zo lang mogelijk achtereen een zelfde type te produceren om zo het

aantal keren omstellen te minimaliseren en tevens voor alle types de minimum seriegrootte van drie weken productie te respecteren. Het inplannen van de types is voor de Productieplanner een iteratief proces, bij elke stap voorspelt hij de voorraad per type per periode om te controleren of er van elk type in elke periode voldoende voorraad is. Voldoende voorraad is voor de Productieplanners 1.200.000 stuks voor het type VH, en 600.000 stuks voor de types OVH en Renova. Deze waarden zijn ooit afgesproken als veiligheidsvoorraden met Afnemersservice en het seizoenspatroon zit niet in deze waarden verwerkt. Het seizoenspatroon zit wel verwerkt in de verkoopschatting per maand die de Productieplanner gebruikt om de vraag per type te voorspellen.

Na het inplannen van de types plant de Productieplanner de varianten per type in. Hij dient de varianten daarbij zo in te plannen dat er geen smetgevoelige overgangen van kleuren zijn en probeert als eerste de varianten met het minste voorraad uitgedrukt in tijd aan bod te laten komen. Eveneens probeert hij te bewerkstelligen dat de bij het einde van de productie van het type de voorraad uitgedrukt in tijd per variant ongeveer gelijk is.

De productieplanner werkt bij het inplannen van de varianten met een 10-wekenplanning die hij maandelijks weer tot 10 weken aanvult. De planningshorizon dus 6 tot 10 weken. In de praktijk wordt binnen deze horizon wel geschoven met de planning. De mogelijkheden tot schuiven worden bepaald door de geplande voorraadposities van de basisstoffen voor de glazuren & engobes. Deze basisstoffen worden besteld op basis van de 10-weken planning om de voorraadkosten van de grondstoffen te minimaliseren. De opbouw van de glazuren & engobes is opgenomen in bijlage 4.

Om de vraag per periode te voorspellen gebruikt de Productieplanner de al geplande klantorders binnen SAP en doet hij aannames (gebaseerd op de afzetverhoudingen uit het verleden en de schattingen van Verkoop) over de nog binnen te komen klantorders. De periode tussen orderdatum en leverdatum verschilt sterk per klantorder. Sommige klantorders zijn maanden van tevoren geplaatst en andere een week van tevoren.

Het afgelopen jaar waren de voorraadniveaus dermate hoog dat nagenoeg alle klantorders ook geaccepteerd zijn. Klantorders worden geaccepteerd indien de vrije voorraad binnen SAP positief is of als de productie van het type start voor de leverdatum. Mocht de productie van een type nog niet gepland zijn binnen SAP dan wordt de totale herbevoorradingstijd gebruikt. De totale herbevoorradingstijd is vastgesteld vanuit de gedachtegang dat in de praktijk het betreffende type binnen die termijn geproduceerd zal gaan worden als de vrije voorraad van een variant negatief wordt door het accepteren van een klantorder⁹. De totale herbevoorradingstijd is <NOD H 3.1>. Voor het type VH is de totale herbevoorradingstijd korter omdat er per jaar meer productieruns van dit type gemaakt worden (dit type is verantwoordelijk voor meer dan de helft van de omzet).

⁹ In een situatie met meerdere types hoeft dit niet op te gaan, zo kunnen er orders van verschillende types geaccepteerd worden met het uitgangspunt dat al de deze types aan bod zullen komen voor de totale herbevoorradingstijd. De komst van een vierde type en mogelijk nog een vijfde type zullen deze redenering onder druk zetten met als gevolg dat Verkoop minder beloftes kan doen aan klanten of met een erg lange totale herbevoorradingstijd te maken krijgt.

Hoofdstuk 4: Plaatsing binnen de wetenschappelijke literatuur

In dit hoofdstuk wordt eerst het productieproces in Tegelen geplaatst binnen de wetenschappelijke literatuur en worden vervolgens de toepasbare planningsmethoden behandeld. Hierbij wordt specifiek de Linglijn bekeken.

4.1 Classificatie van het productieproces

Een standaardindeling is de indeling in primaire, secundaire en tertiaire industrie. Mikell Groover [10] hanteert de onderstaande definities.

Primary industries are those that cultivate and exploit natural resources, such as agriculture and mining. Secondary industries take the outputs of the primary industries and convert them into consumer and capital goods. Manufacturing is the principal activity in this category, but it also includes construction and power utilities. Tertiary industries constitute the service sector of the economy.

Tegelen kan hierbij geclassificeerd worden als een industriële onderneming in de secundaire industrie.

Binnen de industriële ondernemingen zijn drie types te herkennen, namelijk projectmatige productie, seriematige productie en procesmatige productie. Deze typen worden hieronder nader toegelicht.

Projectmatige productie betreft klantspecifieke producten, hierbij wordt een projectaanpak gehanteerd om in een engineer-to-order omgeving de klant het gewenste product te kunnen leveren. Projectmatige productie betreft veelal series van één of enkele producten.

Met seriematige productie wordt op productieomgevingen bedoeld die gekenmerkt worden door een verscheidenheid aan producten die elk een specifiek traject door de fabriek hebben. De term job-shop wordt vaak gebruikt om duidelijk te maken dat de series van producten kris-kras door de fabriek lopen. De capaciteit per machine is variabel en de omsteltijden zijn kort. In de fabriek ontstaan bij de machines wachtrijen om de bezettingsgraad per machine acceptabel te houden. Seriematige productie betreft in het algemeen assemblagewerk.

Procesmatige productie is een term die wordt gebruikt voor situaties die gekenmerkt worden door hoge kapitaalinvesteringen waardoor het economisch gezien noodzakelijk is om een zeer hoge bezettingsgraad te realiseren. Verder is de capaciteit slecht wijzigbaar en de productievolumes hoog. De fabriek kent een duidelijke routing die voor alle producten hetzelfde is. Het aantal typen producten is beperkt.

De Linglijn kan met haar kapitaalintensieve machines, relatief inflexibele capaciteit en hoge omstelkosten per type gezien worden als procesindustrie.

Jan Fransoo en Werner Rutten hebben in hun "A Typology of Production Control Situations in Process Industries" [11] twee uitersten onderscheiden binnen de procesindustrie, namelijk process/flow en batch/mix. In tabel 3 zijn de eigenschappen van de beide uitersten weergegeven.

Tabel 3: Characteristics of process/flow vs. batch/mix businesses, overgenomen uit "A typology of Production Control Situations in Process Industries" [11 (blz. 8)]

<p>Process/flow businesses are characterized by</p> <ul style="list-style-type: none"> - high production speed, short throughput time - clear determination of capacity, one routing for all products, no volume flexibility - low product complexity - low added value - strong impact of changeover times - small number of production steps - limited number of products 	<p>Batch/mix businesses are characterized by</p> <ul style="list-style-type: none"> - long lead time, much work in process - capacity is not well defined (different configurations, complex routings) - more complex products - high added value - less impact of changeover times - large number of production/process steps - large number of products
--	--

In tabel 3 wordt op zeven kenmerken onderscheid gemaakt, in tabel 4 hieronder zijn de zeven eigenschappen voor de Linglijijn bekeken om de Linglijijn te kunnen classificeren.

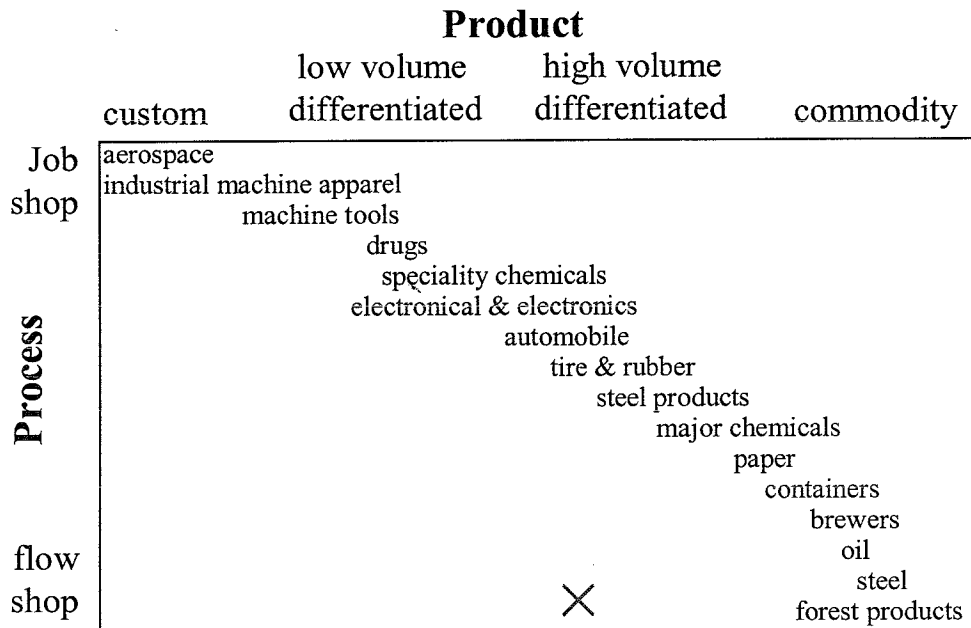
Tabel 4: Scoren van de Linglijijn op de kenmerken van process/flow en batch/mix productie¹⁰

<p>Gelijkenis met process/flow productie</p> <ul style="list-style-type: none"> - De productiesnelheid is groot en de bewerkingstijden zijn kort voor zowel het Lingl-perstraject als in het Lingl-ovensysteem - Duidelijke capaciteitsbepaling voor de Lingl-oven, dezelfde routing voor alle producten, zeer weinig volume flexibiliteit van de Lingl-oven (moet binnen het interval van het minimum en het maximum aan het schuiftempo liggen) - Weinig productcomplexiteit - De waardetoevoeging per product is gering - Het omstellen heeft een grote invloed op de capaciteit van het perstraject - Het traject is slechts (en in beperkte mate) ontkoppeld door de droogruimtes. Daardoor is het hele proces te zien als twee stappen (van kleimengsel tot rauwe pan en van rauwe pan tot eindproduct) - Beperkt aantal types 	<p>Gelijkenis met batch/mix productie</p> <ul style="list-style-type: none"> - - - De relatieve waardetoevoeging is groot - Door de relatieve overcapaciteit van het perstraject heeft het omstellen bij de huidige seriegroottes geen grote invloed op de capaciteit - Redelijk aantal varianten
---	--

¹⁰ Hierbij de kanttekening dat de Gibbonslijjn anders op de criteria zal scoren

Uit de in tabel 4 weergegeven gelijkenissen blijkt dat het productieproces in Tegelen niet precies is in te delen in process/flow of batch/mix. Wel kan gezegd worden dat het proces sterk neigt naar het process/flow type.

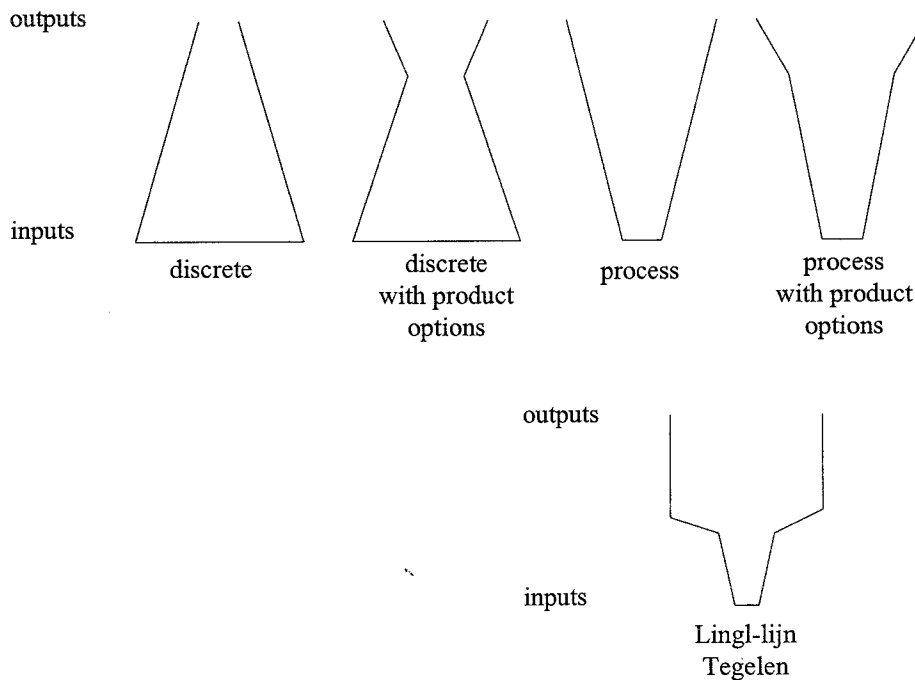
Zoals opgemerkt is de indeling in process/flow en batch/mix een indeling in twee uitersten. In het werk "Why the Process Industries are Different" van Taylor, Sewart en Bolander [12] wordt een typologie gegeven op basis van het productieproces en de verscheidenheid in het productaanbod. Taylors typologie is hieronder in figuur 6 weergegeven.



Figuur 6: Taylor's typologie inclusief indicatie voor de Linglijn

In figuur 6 is tevens een indicatie gegeven voor Linglijn in Tegelen. Hierbij valt op dat deze zich niet in het rijtje laat plaatsen. Dit kan op meerdere manieren worden uitgelegd, zo kan bijvoorbeeld worden gezegd dat de Linglijn te weinig vrijheden kent voor het aantal varianten (combinaties van type en kleur) of dat het aanbod van producten te divers is gegeven het productieproces.

Complicerende factor is dat de kleuren al vroeg in het proces moet worden bepaald. Figuur 7 hieronder is overgenomen uit het werk van Werner, Fransoo en Rutten [11], deze figuur geeft weer hoe het aantal varianten toe- dan wel afneemt in het proces. In de figuur is de Linglijn toegevoegd.



Figuur 7: Conceptuele weergave van seriematige en procesmatige productie

De Lingl lijn in Tegelen verschilt van *process with product options* door de vroege verbreding van het aantal producten. De kleuren moeten op de pannen worden aangebracht alvorens deze te bakken.

De Linglijjn is te classificeren als procesmatige flow industrie met de kanttekening dat het aantal productvarianten redelijk groot is en reeds halverwege het productieproces wordt bepaald. Verder dient opgemerkt te worden dat de vraag niet stationair en wel stochastisch is en bovendien een duidelijk seizoenspatroon vertoont. In paragraaf 4.2 hierna zal het literatuuronderzoek zich op deze classificatie richten.

4.2 Planningstechnieken voor de procesmatige industrie met stochastische vraag en de bruikbaarheid daarvan voor de Linglijjn

Binnen de procesmatige industrie speelt de cyclustijd een grote rol. De cyclustijd is gedefinieerd als de tijd vanaf het moment dat een specifiek product wordt gemaakt totdat dat specifieke product opnieuw in productie wordt genomen [13,14]¹¹. De interne levertijd van de producten hangt direct samen met de cyclustijd. De relatie tussen de seriegrootte per type, de cyclustijd en de benodigde cyclusvoorraad is geïllustreerd aan de hand van een eenvoudig voorbeeld in bijlage 11. Fransoo heeft in zijn proefschrift [14] verslag gedaan van zijn onderzoek naar de effectiviteit van twee bestaande heuristische om de cyclustijd te bepalen. Daarnaast heeft Fransoo ook een hiërarchisch model ontwikkeld voor de planning. Dit model is gepubliceerd in het European Journal of Operational Research [15]. In deze paragraaf zal eerst een overzicht worden gegeven van deze drie heuristische en een omschrijving van de werking. Daarbij zal per techniek worden ingegaan op de bruikbaarheid voor de Linglijjn.

¹¹ Hierbij kan ook een totale cyclustijd berekend worden, deze is gelijk aan de langste cyclustijd. Varianten die n keer aan bod komen voordat alle varianten aan bod zijn geweest hebben een gemiddelde cyclustijd van $1/n$.

Na de behandeling van de heuristieken zal worden ingegaan op de verschillende technieken om de volgorde van de productieruns te bepalen. De heuristieken om de cyclustijd te bepalen zitten namelijk op het tactische niveau van de planning, de volgorderegels vormen het operationele deel van de planning. Op het operationele niveau wordt slechts over de volgorde van de productieruns besloten, de lengte van de productieruns volgt uit de gekozen aanpak op het tactische niveau.

4.2.1 Heuristieken ten behoeve van de bepaling van de cyclustijden

The Stable Cycle Times Heuristic

Deze heuristiek maakt gebruik van de heuristiek van Doll en Whybark [16] om de cyclustijden te berekenen.

Deze heuristiek houdt vast aan de eens berekende cyclustijden en is ontworpen om de productiecapaciteit te maximaliseren door het minimaliseren van de omsteltijden. De grondgedachte is dat door het vasthouden aan de vaste cyclustijden het model beschermd is tegen korte termijn optimalisatie die op lange termijn nadelig is, hier wordt bedoeld op het op korte termijn handig is om kleinere series te maken terwijl dit op lange termijn de beschikbare capaciteit vermindert door het grotere aantal keer omstellen.

Tegelen voldoet niet aan de randvoorwaarde van stabiele vraagpatronen die nodig zijn voor deze heuristiek. Stabiele vraagpatronen zijn nodig omdat de cyclustijden niet worden aangepast aan de vraaggegevens.

De hieronder beschreven Capacity Coordination Heuristic is een heuristiek met het principe van de Stable Cycle Times Heuristic.

Capacity Coordination Heuristic

Deze heuristiek is door Fransoo ontworpen. Het basisidee van deze heuristiek is stapsgewijs capaciteit aan een product toe te wijzen en de bijbehorende optimale cyclustijden te berekenen. De begincyclustijden zijn die cyclustijden die vereist zijn voor de minimum servicegraad die per product kan worden gedefinieerd. Na de initialisatie worden de minimum streefoorraden via iteraties aangepast om tot de set streefoorraden te komen waarbij de winst gemaximaliseerd is.

The Variable Cycle Times Heuristic

Ook deze heuristiek kent als startpunt de heuristiek van Doll en Whybark [16]. De heuristiek onderscheidt zich op twee punten. Ten eerste de mogelijkheid om te kiezen een periode niet te produceren indien voor geen enkele variant in die periode productie hoeft plaats te vinden (het is mogelijk niet te produceren zonder gevolgen voor de servicegraad). De tweede eigenschap is om kortere of langere runs te kunnen maken en zo bewust af te wijken van de cyclustijden gevonden met de Doll en Whybark heuristiek. Hiertoe wordt de slack uitgerekend die door Leachman en Gascon [17] gedefinieerd is als aantal periodes waarin het product met de kleinste run-out time nog in de vraag kan voorzien.

Fransoo heeft in een artikel in het International Journal of Operations & Productionsmanagement [18] zijn bevindingen gepubliceerd dat de Variable Cycle Time heuristiek de neiging heeft om de gemiddelde cyclustijd te verkorten en dat deze tekortkoming kan worden opgevangen door een minimum productieserie in te bouwen.

Fransoo merkt in zijn proefschrift ook op dat deze heuristiek de neiging heeft de servicegraad bij de producten met een relatief kleine gemiddelde vraag te verwaarlozen ten gunste van de producten met een relatief grote vraag. Bij de Stable Cyclus Time heuristiek treedt dit effect ook, maar wel in veel mindere mate, op.

Ten slotte meldt Fransoo in zijn proefschrift dat deze heuristiek minder goed presteert dan de Stable Cyclus Time heuristiek, vooral bij een hoge capaciteitsbenutting.

Een aanname behorend bij deze heuristieken is dat de omsteltijden tussen de varianten gelijk zijn. Dit maakt deze heuristieken weinig toepasbaar voor Tegelen omdat daar een groot verschil in omsteltijden bestaat, het wijzigen van een kleur geeft bijna geen capaciteitverlies maar het omstellen van een model wel (in eerste instantie niet de capaciteit van de hele Linglijn maar alleen van het perstraject). De methodes kunnen wel nuttig zijn voor het bepalen van de cyclustijden op het aggregatieniveau van types. De randvoorwaarde dat er maar eens per week omgebouwd kan worden beperkt echter de bruikbaarheid van de Doll en Whybark heuristiek [16] die bij de eerste twee heuristieken wordt gebruikt.

Verder kent Tegelen ook een seizoenspatroon dat de werking van deze heuristieken zou kunnen verstoren. Ook is het grote en wisselende aantal productvarianten een belemmering om deze heuristieken te gebruiken.

4.2.2 Volgorderegels

De Run-out time regel

De Run-out time regel stelt dat dat product als eerste zal worden geproduceerd dat op basis van de gemiddelde vraag per periode en de voorraad in de huidige periode als eerste op is. De aanname van variant-onafhankelijke omstelkosten gaat bij de Linglijn echter niet op.

Fransoo merkt in zijn proefschrift [14] op dat het gebruik van deze regel onbeheerste servicegraden per product als effect kan hebben. Met onbeheerste servicegraden wordt bedoeld dat producten met een relatief hoge vraag een hogere servicegraad zullen bereiken dan producten met een relatief lage vraag, dit omdat productieruns van producten met een hogere vraag meer capaciteit opeisen dan de productieruns van producten met een relatief lage vraag [14 (*Appendix 3.1*)]. Fransoo licht toe dat dit effect meestal ongewenst is omdat juist op producten met een relatieve lage vraag een relatief hoge marge zit.

De Fixed-sequence regel

Het effect van de onbeheerste servicegraden per product kan worden tegengegaan door het gebruik van een vaste volgorde voor de productie van de producten. Fransoo merkt in zijn proefschrift op dat het bepalen van een vaste volgorde zeer complex kan zijn, dit is voor de Linglijn zeker het geval. Tevens maakt het niet stationair zijn van de vraag en de stochastiek in de vraagpatronen van de varianten van de Linglijn het toepassen van een vast schema weinig zinnig.

De Controlled Run-out time

Om de nadelen van de vorige omschreven volgorderegels (de onbeheerste servicegraden en de oplosbaarheid) te ondervangen is de Controlled Run-out time regel ontwikkeld. Deze regel neemt niet de actuele voorraad in een periode (zoals de Run-out time regel dat wel doet) maar de afwijking van de actuele voorraad van de streefvoorraad, en deze regel deelt dit door de gemiddelde vraag per periode vermenigvuldigd met de cyclustijd

behorende bij de streefvoorraad. Deze heuristiek lijkt slecht toepasbaar voor de Linglijn omdat deze uitgaat van vaste omstelkosten per overgang.

Fransoo heeft de prestatie van bovengenoemde drie regels getest middels simulatie bij het gebruik van de Capacity Coordination Heuristic, daaruit blijkt dat de Run-out time regel bij vraagniveau van 95% van de capaciteit en hoger iets slechter presteert dan de Fixed-schedule regel en de Controlled Run-out time regel.

Van deze drie regels lijkt het toepassen van de Run-out Time regel het meest haalbaar, maar dan moet wel onderscheid gemaakt worden tussen de typekeuze en de variantkeuze om deze regel bruikbaar te maken voor de Linglijn met de twee soorten omstelkosten.

Hoofdstuk 5: Het bepalen van de benodigde voorraad

In dit hoofdstuk worden stap vijf en zes van het plan van aanpak uit paragraaf 2.3 uitgewerkt, namelijk het kiezen van een methode om te bepalen wat de benodigde voorraad is en deze methode vervolgens ook te gebruiken om daarmee de benodigde voorraad te bepalen.

5.1 De keuze voor een simulatiemodel

In deze paragraaf wordt ingegaan op de keuze voor een model en daarna op de keuze voor het soort simulatiemodel om uitspraken te kunnen doen over de benodigde voorraad.

5.1.1 Waarom een model

De keuze voor het gebruik van een model is gebaseerd op de complexiteit in de logistieke aansturing van de Linglijn. Deze complexiteit is het gevolg van de randvoorwaarden, beperkingen en sturingsvariabelen zoals opgesomd in paragraaf 3.1. Zo heeft de variabele vraag een seizoenspatroon en is deze sterk stochastisch.

Tevens verschillen de huidige en de verwachte toekomstige situatie sterk van het verleden en voor deze situaties is zodoende niet op basis van het verleden te bepalen hoeveel voorraad benodigd is.

Om toch uitspraken te kunnen doen over de benodigde voorraad is gekozen voor een modelmatige aanpak. Het doel van het model is om de benodigde voorraad te berekenen gegeven de gewenste servicegraad, met voor de sturingsvariabelen de waarden die de huidige situatie weerspiegelen.

5.1.2 Wat voor soort model

Er zijn meerdere soorten modellen en er bestaan meerdere indelingen, waaronder de indeling in analytische modellen en simulatiemodellen. Sheng-Jen Hsieh heeft hierover het volgende geschreven [19]:

The analytic model tends to provide exact and static behaviour, while the simulation model provides approximate and dynamic information about the system of interest or problem entity.

A simulation modelling approach often requires more effort to obtain solutions than an analytic one if analytic procedures are available. However, it is more costly to model real system behaviour over time using analytic models than simulation models.

Analytische modellen zijn in het algemeen eenvoudiger van opzet dan simulatiemodellen. Hierbij zijn echter wel veel *simplifying assumptions* nodig [20]. Simulatiemodellen zijn berucht om de moeite die het kost ze te bouwen en te valideren, dit is bijvoorbeeld ook een van de nadelen die genoemd worden in het boek Discrete Event System Simulation [20].

De keuze is gevallen op een simulatiemodel omdat een mathematisch model niet oplosbaar bleek wegens gebrek aan inzicht in de samenhang tussen de randvoorwaarden, beperkingen en sturingsvariabelen. Zo bleek geen van de in het literatuuronderzoek gevonden heuristieken (paragraaf 4.2.1) geschikt te zijn voor de Linglijn wegens de sterk stochastische vraag met seizoenspatroon en het verschil tussen type en model.

Liman gebruikt een indeling op basis van vier criteria, namelijk [21]:

- statisch versus dynamisch
- continu versus discreet

- deterministisch versus stochastisch
- steady-state versus niet-steady-state modellen

In een statisch model speelt geen tijd; de modelwaarden variëren niet in het verloop van de tijd. In dynamische modellen is de tijd wel opgenomen en kunnen de waarden van variabelen variëren in de tijd. Er is hier voor een dynamisch model gekozen omdat de tijd niet weggelaten kan worden door bijvoorbeeld het tijdsgebonden seizoenspatroon in de vraag en de omstandigheid dat er op elk tijdstip slechts één variant in productie kan zijn.

Discrete modellen gaan uit van plotselinge verandering van de systeemvariabelen op een eindig aantal momenten. Continue modellen gaan uit van geleidelijke verandering van de systeemvariabelen in de tijd. Voor het model zijn discrete variabelen nodig, zoals de variant in productie, en tevens zijn de formuleringen in een discreet model minder gecompliceerd dan in een continu model. Er is dan ook gekozen voor een discreet model.

Deterministische modellen zijn niet onderhevig aan stochastiek. De stochastiek in de vraag bepaalt de benodigde veiligheidsvoorraad en is daarom onmisbaar voor het model. Om die reden is dan ook een stochastisch model gekozen.

Steady-state betekent dat de uitkomst onafhankelijk is van de initiële waarden van de modelvariabelen (zoals de beginvoorraad en de verdeling daarvan over de varianten). Bij niet steady-state modellen is de uitkomst een gevolg van de startsituatie van het model. Om niet afhankelijk te zijn van de toevallige beginvoorraad maar om een langdurig toepasbare modeluitkomst te vinden is gekozen voor een steady-state model.

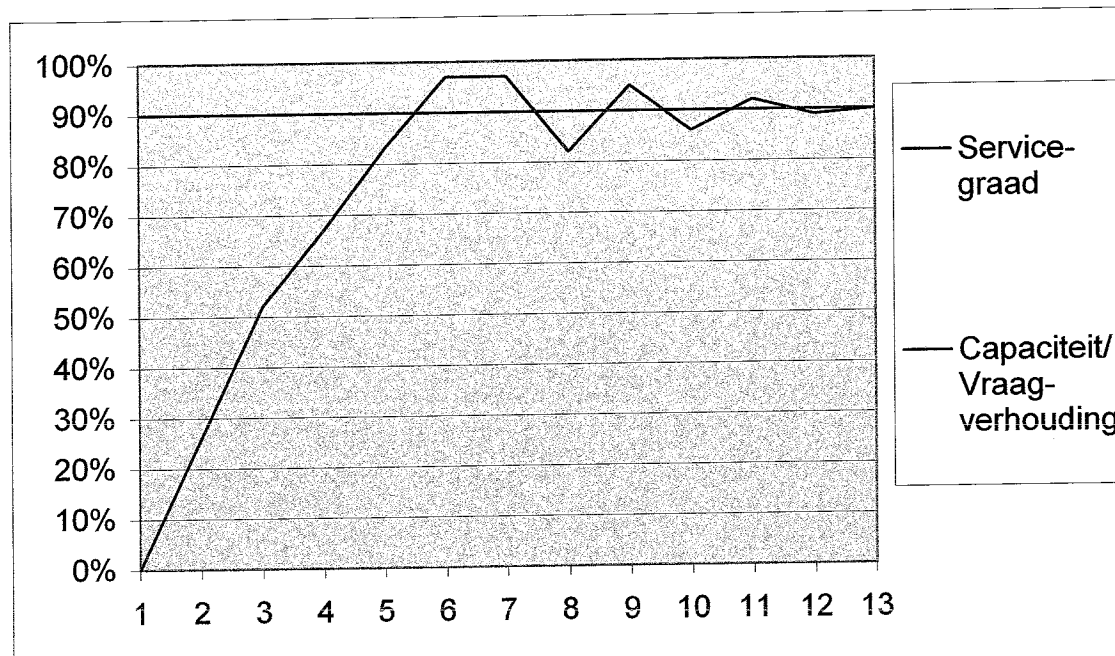
Samengevat is de keuze gevallen op een dynamisch discreet stochastisch steady-state simulatiemodel.

5.2 Het conceptuele simulatiemodel

Het model dient om de benodigde voorraad te bepalen voor een vereiste servicegraad. Hierbij wordt er uitgegaan van lost sales, dit houdt in dat als vraag niet op tijd uitgeleverd kan worden deze vraag verloren gaat. Uitgangspunt is een evenwicht tussen de productiecapaciteit en de vraag die uitgeleverd moet worden om de vereiste servicegraad te halen.

In het model zal de voorraad toenemen indien de uitgeleverde vraag kleiner is dan nodig voor het behalen van de servicegraad, en zal de voorraad afnemen indien de uitgeleverde vraag groter is dan nodig voor het behalen van de vereiste servicegraad. In het model zal daarom, na de initialisatiefase, die voorraad aanwezig zijn die benodigd is voor het behalen van de vereiste servicegraad.

In figuur acht is dit basisidee weergegeven. Bij een initialisatie zonder beginvoorraad zal de voorraad gedurende de eerste periodes sterk toenemen, zonder voorraad wordt namelijk een zeer lage servicegraad gerealiseerd en dit resulteert in weinig uitgeleverde vraag. Op een zeker moment zal de servicegraad hoger worden dan vereist, de voorraad is dan ook groter dan nodig. Doordat de servicegraad hoger is dan nodig wordt er meer vraag uitgeleverd dan dat er aan productie bijkomt. De voorraad zal dan weer afnemen en de servicegraad zal lager zijn dan gewenst. Op den duur is er maar één evenwicht mogelijk: die servicegraad waarbij de uitgeleverde vraag overeenkomt met de productie. De verhouding van de uitgeleverde vraag met de capaciteit is gedefinieerd als de Capaciteit/Vraag-verhouding. De voorraad behorende bij het evenwicht is de benodigde voorraad eindproduct voor die servicegraad.



Figuur 8: De werking van het conceptuele model

Het model zal eerst het type kiezen dat in productie wordt genomen en daarna de varianten binnen het type bepalen. Voor deze keuzes zal gebruik worden gemaakt van de Run-out time heuristiek, in paragraaf 4.2.2 is geconcludeerd dat het gebruik van deze heuristiek het meest haalbaar lijkt te zijn voor Tegelen.

5.3 De formulering van het simulatiemodel

In dit deel worden de modelvariabelen besproken. De nummers bij de variabelen zijn tevens een verwijzing naar bijlage dertien waar de wiskundige formuleringen van de variabelen zijn gegeven. De onderstaande formulering is soms uitgebreider dan nodig om de benodigde voorraad te bepalen, maar dit laat zich verklaren door het gebruik van dit model voor stap zeven en acht, het onderzoeken van het effect van de sturingsvariabelen.

1. Het type pan. De types zijn VH, OVH, Renova en OVH+. Het type Renova heeft een veel kleinere vraag naar natuurrood dan de andere drie types.
2. De kleur pan. In bijlage vijf is een overzicht opgenomen van de varianten die elk gekenmerkt worden door het type en de kleur.
4. De productieweken indeling. In het model is de weekindeling van het jaar 2005 gebruikt. In deze weekindeling zijn alle weken productieweken met uitzondering van week 30 t/m 33. In totaal wordt dus 4 weken niet geproduceerd in het model. De bouwvakantie is drie weken, met het uitzetten en opstarten van de oven is de productie echter nog niet op niveau en is er extra veel uitval. Ook is het de afgelopen jaren voorgekomen dat 4 weken vakantie ingepland is in de zomer. In het model is daarom een productieverlies van 4 weken opgenomen. De week voor en de week na de bouwvakantie kan alleen de kleur natuurrood geproduceerd worden.
5. De Planningshorizon. Zoals in paragraaf 3.2 behandeld geeft deze sturingsvariabele weer hoe lang van te voren de planning vast staat.
6. De vraag. Per periode wordt per variant een vraag gegenereerd in het model. Dit gebeurt door rekening te houden met de variabiliteit per variant, het seizoenspatroon, en de weekindeling van 2005 waarin de vraag gecorrigeerd wordt voor Hemelvaart, de vijf weken van de bouwvakanties waarvan één week helemaal geen vraag kent en de

- Kerst/jaarwisseling-vakantie. Om de vraag per variant te voorspellen zijn de factuurhoeveelheden van 2003 gebruikt. In 2003 was de voorraad zo hoog dat nagenoeg alle vraag is geaccepteerd. De vraag is voorspeld op de leverdatum, niet op de besteldatum of betaaldatum. De variantie is bepaald en daarbij is de toepasselijke μ voor de Poissonverdeling berekend. De Poissonverdeling is gekozen omdat deze het beste past bij het vraagpatroon. Het seizoenspatroon is gevonden met behulp van het gebruik van een voortschrijdend gemiddelde. In bijlage 14 wordt dieper ingegaan op de vraaggenerator.
7. De werkelijke voorraad. Dit is de voorraad die aan het begin van een periode aanwezig is. De formule stelt dat de voorraad van een variant in een periode de voorraad is van die variant in de vorige periode opgehoogd met de productie van die variant in de vorige periode en verminderd met de vraag naar die variant in de vorige periode. Hierbij geldt dat de voorraad niet negatief kan zijn, niet tijdig leveren is niet toegestaan. Indien de vraag niet tijdig uitgeleverd kan worden dan gaat dat deel dat niet tijdig geleverd kan worden verloren.
 8. De economische voorraad. De economische voorraad is voor dit model gedefinieerd als de werkelijke voorraad + alle productie van die variant die reeds gepland is. Dit wil zeggen dat indien reeds besloten is om die variant te produceren dat in dat geval de economische voorraad hoger is dan de werkelijke voorraad.
 9. De Run-out time, zoals beschreven in paragraaf 4.2.1 is de Run-out time de verwachting van het aantal weken waarvoor de voorraad in de vraag kan voorzien. Dit is anders gezegd de voorraad uitgedrukt in de tijd. De economische voorraad wordt gebruikt en niet de werkelijke voorraad om rekening te houden met al genomen productiebeslissingen.
 12. De normproductie per type. Per type is de productiehoeveelheid per periode in te geven. De normproductie per type is geen stochast en evenmin wordt rekening gehouden met mogelijke kleurverschillen die leiden tot WBS partijen.
 13. De Capaciteit/Vraag-verhouding. Deze waarde bepaalt in hoeverre de capaciteit toereikend is om alle vraag te accepteren en of het mogelijk is een servicegraad van 100% te realiseren, indien de capaciteit kleiner is dan de vraag zal bij acceptatie van alle vraag zal de servicegraad maximaal (capaciteit/vraag) zijn

5.4 De verificatie

In deze paragraaf komt de verificatie van het model aan bod. In de literatuur is dit begrip als volgt omschreven [22]:

Verification:

Verification is concerned with determining whether the conceptual simulation model (model assumptions) has been correctly translated in to a computer "program", i.e. debugging the simulation computer program.

Bij de verificatie wordt nagegaan of het model werkt zoals in het conceptuele model wordt omschreven en of het model geen interne fouten bevat. Hieronder wordt verslag gedaan van de werking van het model. Hier worden geen fouten meer gevonden in de modelformulering, dit laat zich verklaren doordat de reeds geverificeerde modelformulering in het verslag is opgenomen. Deze laatste versie van de modelformulering is het resultaat van het iteratieve proces van de verificatie van het model en het aanpassen van het model.

Het model kent 2600 perioden in totaal, opgebouwd uit 50 jaar met 52 perioden per jaar. Een periode komt overeen met één week. De lange looptijd van het model is 50 jaar om te voorkomen dat de uitkomsten worden beïnvloed door aanloopeffecten (in bijlage dertien is dit geformuleerd onder punt drie). Hierbij is gecontroleerd dat de aanloopfase korter is dan 50 jaar, in paragraaf 5.5.2 is in figuur negen een voorbeeld te zien van de aanloopfase van een scenario.

Per periode wordt per variant (een variant wordt gekenmerkt door het type en de kleur) bijgehouden wat de voorraad is. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen de werkelijke voorraad en de economische voorraad. De werkelijke voorraad wordt gebruikt om in de vraag te voorzien, de economische voorraad wordt gebruikt om productiebeslissingen op te baseren. Het is namelijk bij het nemen van productiebeslissingen relevant om te weten of en hoeveel stuks van die variant er reeds gepland zijn. De voorraad kan elke periode verminderd worden door vraag en opgehoogd worden door vrijgekomen productie.

Per variant wordt er elke periode vraag gegenereerd. Hiervoor is een vraaggenerator ontwikkeld die is omschreven in bijlage 14. De vraaggenerator genereert een stochastische vraag op basis van het seizoenspatroon en de variabiliteit van elke variant.

Uitgangspunt voor de productie is dat er maar één type tegelijk kan worden geproduceerd en dat dit dan gedurende de minimum productieduur (de minimum seriegrootte per type gedeeld door de normproductie van dat type) gebeurt. Op basis van de Run-out time per type zal telkens na het verstrijken van de minimum seriegrootte het type opnieuw worden gekozen. Hierbij wordt bij de varianten VH, OVH en OVH+ gekeken naar de Run-out time exclusief de kleur natuurrood. De voorraad van de variant natuurrood binnen deze types kan namelijk het gevolg zijn van de gedwongen productie van natuurrood gedurende de week voor en de week na de bouwvakantie, een hoge voorraad natuurrood zou het gemiddelde van dat type kunnen opkrikken waardoor een ander type ten onrechte gekozen kan worden. Om dit te voorkomen wordt dus naar de gemiddelde Run-out time van alle varianten gekeken behalve de variant natuurrood. Voor het type Renova geldt dat dit type niet gekozen mag worden in de periode met de gedwongen productie van natuurrood omdat de gemiddelde vraag per periode naar de variant Renova-natuurrood zo klein is dat het jaren zou duren voordat de productie van die twee weken zou zijn verkocht (in bijlage 13 is het kiezen van het type in productie geformuleerd onder punt 10).

Nadat de keuze voor een type is gemaakt wordt de productie verdeeld over de kleuren binnen dat type. Hiertoe wordt gebruik gemaakt van een tussenvariabele. De hoogte van de tussenvariabele van een variant bepaalt het aandeel van die variant in de totale productie van het type. De tussenvariabele is lineair gekoppeld aan twee zaken. Ten eerste aan de gemiddelde periodevraag van de variant. Verder is hij gekoppeld aan het verschil tussen de Run-out time van de economische voorraad en de Run-out time van het type na eventuele productie. De tussenvariabele probeert hiermee de Run-out time van de varianten binnen het type evengroot te krijgen (in bijlage 13 is het gebruik van de tussenvariabele geformuleerd onder punt 11). Gecontroleerd is dat de totale productie van alle varianten de normproductie is voor het betreffende type en dat er maar van één type varianten kunnen worden geproduceerd in een periode.

Het model staat niet toe dat vraag te laat wordt geleverd. Indien de werkelijke voorraad niet toereikend is vervalt het deel van de vraag dat niet kan worden uitgeleverd.

In het model is de Capaciteit/Vraag-verhouding opgenomen. Deze bepaalt welke gemiddelde servicegraad gehaald kan worden bij de benodigde voorraad. De benodigde voorraad wordt bereikt op het moment dat de gemiddelde voorraad niet meer groeit of afneemt. De gemiddelde voorraad groeit op het moment dat deze te klein is om de gewenste servicegraad te behalen, er zal dan namelijk zoveel vraag verloren gaan dat de productiecapaciteit groter is dan de geleverde vraag. De gemiddelde voorraad zal afnemen indien deze groter is dan nodig om de gewenste servicegraad te behalen, er zal dan namelijk meer vraag worden geleverd dan de productiecapaciteit. Om te bepalen hoeveel voorraad er gemiddeld nodig is om een gewenste

servicegraad te halen moet de gewenste servicegraad gelijk zijn aan de Capaciteit/Vraag-verhouding.

De uitkomstvariabele is de benodigde voorraad. Deze is berekend door het gemiddelde te nemen van de eindvoorraad van de laatste drie jaar in het model. Het gebruik van de eindvoorraden in plaats van de gemiddelde voorraad is op verzoek van Lafarge Roofing Benelux B.V., binnen het bedrijf worden de budgetten namelijk gebaseerd op de eindejaarsvoorraad.

De eindvoorraad is niet gelijk aan de gemiddelde voorraad in het jaar vanwege het seizoenspatroon, zo geldt dat de voorraad wordt opgebouwd voorafgaand aan de zomer. De maximale voorraad die het bedrijf op moet kunnen slaan is niet de voorraad bij de jaarwisseling.

De gemiddelde voorraad is interessant om de interestkosten te bepalen, de maximale voorraad is relevant voor de benodigde kapitaalbehoefte voor het opbouwen van voorraad. Op verzoek van het bedrijf is echter toch de eindejaarsvoorraad genomen als uitkomstvariabele.

Het model is met behulp van deterministische datasets geverificeerd. In bijlage 15 is een voorbeeld hiervan opgenomen. In dat voorbeeld met 4 types en 34 varianten is de benodigde cyclusvoorraad volgens het model 2,7% hoger dan het theoretische minimum voor de cyclusvoorraad. Met behulp van de deterministische datasets is niet alleen de formulering geverificeerd maar ook het invoeren van de formules in het computerprogramma.

Het model is gebouwd met behulp van Microsoft Excel¹². De keus voor dit programma is gebaseerd op meerdere argumenten. Zo is Excel een spreadsheet programma en leent zich daarom goed om grote hoeveelheden data bij te houden (van elke variant elke periode de voorraad, de economische voorraad, een run-out-time, een tussenvariabele en de productievrijgave). Tevens zijn de benodigde licenties voor Excel afgesloten op zowel de TU/e en bij Lafarge Roofing Benelux B.V. Ook is Excel een programma waarvan de auteur en de begeleiders al enige kennis hadden, waardoor de praktische bruikbaarheid van het model wordt vergroot, het is namelijk niet nodig om een programmeertaal te leren.

De keuze voor Microsoft Excel bracht twee consequenties met zich mee (in bijlage 16 wordt hier dieper op in gegaan):

- De formule van de Run-out Time is aangepast zodat er per periode maar één minimum kan zijn¹³.
- De aselechte trekkingen zijn niet in de formules ingebouwd maar verwerkt via datasets met aselechte trekkingen die vooraf worden ingevoerd.

Verder was het mogelijk alle formules zoals besproken in paragraaf 5.3 correct in Excel te vertalen. In bijlage 17 zijn de modellen opgenomen waarin ook de Excel-formules zichtbaar zijn.

5.5 De validatie

Bij de validatie gaat het erom om te controleren dat het model de werkelijkheid juist weergeeft. In de literatuur is het begrip validatie als volgt gedefinieerd [22]:

Validation:

¹² Microsoft Excel is een handelsmerk van de Microsoft Corporation. Microsoft Excel 2000 9.0.3821 SR-1 is gebruikt, zowel Lafarge Roofing Benelux B.V. en de TU/e hebben licenties voor dit product.

¹³ Indien twee cellen dezelfde waarde hebben en de overige cellen groter zijn zal Excel twee minima aanwijzen bij het gebruik van de functie om het minimum aan te wijzen. Door de aanpassing is het uitgesloten dat twee cellen dezelfde waarde hebben daar waar gebruik gemaakt wordt van de functie om een minimum aan te wijzen.

Validation is the process of determining whether a simulation model (as opposed to the computer program) is an accurate representation of the system, for the particular objectives of the study.

In paragraaf 5.5.1 zal worden gecontroleerd of de randvoorwaarden en beperkingen uit de praktijk gerespecteerd zijn. In paragraaf 5.5.2 wordt de situatie van 2004 gesimuleerd om te modeluitkomsten met de werkelijkheid te kunnen vergelijken.

5.5.1 Validatie aan de hand van de randvoorwaarden en beperkingen

De randvoorwaarden (zie paragraaf 3.1.1) komen eerst aan bod, daarna de beperkingen (zie paragraaf 3.1.2).

De randvoorwaarden

1. *Het kleimengsel moet 5 weken afsterven in de kleikelder*
In het model is een planninghorizon opgenomen die de mogelijkheid biedt de grondstoffen tijdig te bestellen. Overigens is het kleimengsel een gemeenschappelijke grondstof waardoor de fluctuaties in het verbruik per week kunnen worden opgevangen.
2. *Het is niet mogelijk om voorraad op te bouwen in de droogkamers*
De Linglijn is als één productieproces gemodelleerd juist vanwege de koppeling van de machines. Omdat het als één productieproces is gemodelleerd kan het model de voorraad in de droogkamers ook niet op- of afbouwen.
3. *De pannen moeten 34 uur in de droogkamers verblijven*
Zoals hierboven genoemd is de Linglijn als één productieproces gemodelleerd, dit houdt ook in dat het model de bewerkingstijden niet kan verkorten.
4. *De Linglijn kent een typeafhankelijke capaciteit per week*
De typeafhankelijke capaciteit per week is in het model meegenomen, in bijlage 13 is dit terug te vinden bij punt 12.
5. *Bij het stilleggen van de oven moet natuurrood worden geproduceerd*
Deze randvoorwaarde zit in de modelformuleringen verwerkt, de week voor de bouwvakantie en de week na de bouwvakantie moet natuurrood worden geproduceerd volgens de formuleringen. In bijlage 13 is dit in de formules terug te vinden bij punt 9 en punt 11.
6. *Niet elke overgang van variant naar variant is mogelijk vanwege smet*
Deze randvoorwaarde is niet opgenomen in het model, het is niet gelukt om de in bijlage zes opgenomen smetmatrix op een werkbare wijze in het model op te nemen. In bijlage 18 wordt op dit probleem ingegaan. Naar verwachting zal het niet modelleren van smet geen grote gevolgen hebben voor de uitkomst (de benodigde voorraad). Het model werkt met tijdseenheden van één week, smet is een probleem dat voornamelijk relevant is voor welke dag binnen de week een kleur wordt geproduceerd.

De beperkingen

1. *De basisstoffen voor glazuren & engobes moeten twee tot zeven weken voor levering besteld worden*
Deze beperking wordt door het model gerespecteerd zolang de ingestelde horizon minimaal zeven weken is.
2. *Het wisselen van de kleur van een type kan alleen na een productiedag*
Deze beperking wordt niet door het model gerespecteerd. Dit kan leiden tot extra benodigde voorraad door seriegroote-verschillen in de praktijk. Deze verschillen middelen wel uit, van de ene kleur wordt minder gemaakt en van de andere kleur meer.

Voor dezelfde servicegraad kan de benodigde voorraad echter toch wat hoger zijn, in de orde grootte van een dag productie¹⁴.

3. *Het ombouwen van type naar type kan op één vaste dag in de week*

Het model werkt met periodes van één week en een type-seriegrootte uitgedrukt in hele periodes, daarmee is deze beperking gerespecteerd.

4. *Tijdens de bouwvakantie ligt de productie stil*

Deze beperking wordt gerespecteerd, in bijlage 13 is te vinden bij punt 4.

5.5.2 Het simuleren van de situatie in 2004

In deze sectie wordt ingegaan op het vergelijken van de modeluitkomsten met de werkelijkheid. Daartoe is de oude situatie met drie types nagespeeld.

De opzet

In 2004 is de voorraad afgebouwd door de productiecapaciteit tijdelijk te halveren. Terwijl de voorraad werd afgebouwd trok de markt weer wat aan, er werden meer pannen verkocht dan voorspeld. De voorraad is daardoor zo ver afgebouwd dat er voor enkele varianten leveringsproblemen ontstonden en niet alle vraag conform de wensen van de klanten is geaccepteerd. De voorraad was dus eerst te hoog en daarna te laag. De gevonden uitkomst van het model zal tussen beide waarden in moeten liggen.

De gebruikte waarden voor de parameters

- De types VH, OVH en Renova zijn gemodelleerd met de varianten zoals weergegeven in bijlage 5.
- De productiecapaciteit is verlaagd om weer te geven dat de capaciteit verminderd is geweest om de voorraad af te bouwen naar 2,8 miljoen stuks voor de Linglijn (het afbouwen naar 2,8 miljoen stuks was de opzet, in de werkelijkheid is de voorraad afgebouwd naar 2,6 miljoen doordat er meer pannen werden verkocht dan verwacht).
- Voor capaciteit/vraag is de waarde van 0,98 gebruikt, bijna alle vraag wordt geaccepteerd en de servicegraad was nagenoeg 100%. Nu de voorraad kleiner is dan 2,8 miljoen stuks is de situatie kritisch en dreigen er leveringsproblemen bij enkele varianten.
- Als waarde voor de horizon is 5 weken genomen. Sommige wijzigingen kunnen op een kortere horizon, andere wijzigingen niet vanwege een levertijd van 6 weken voor sommige basisstoffen voor de glazuren en engobes. Door de afgenomen productie waren de voorraden grondstof relatief hoger en daardoor was er meer ruimte voor wijzigingen. Van de ruimte voor wijzigingen is ook gebruik gemaakt nu er leveringsproblemen dreigen.
- De seriegrootte is 3 weken, dit is het aangegeven minimum door Productie en dat minimum is ook gehanteerd.

Vergelijking van de modeluitkomst met de werkelijkheid

Volgens het model zijn er 2,8 miljoen pannen benodigd om de servicegraad van 98% te halen.

De samenstelling van de werkelijke voorraad is onderzocht om te controleren of deze niet onnodig hoog is door een verkeerde samenstelling. De voorraad bleek voor een deel uit WBS-partijen te bestaan, ongeveer 200.000 stuks. Het overige deel van de voorraad bleek een normale samenstelling te hebben, per type waren de voorraden uitgedrukt in de tijd ongeveer even groot.

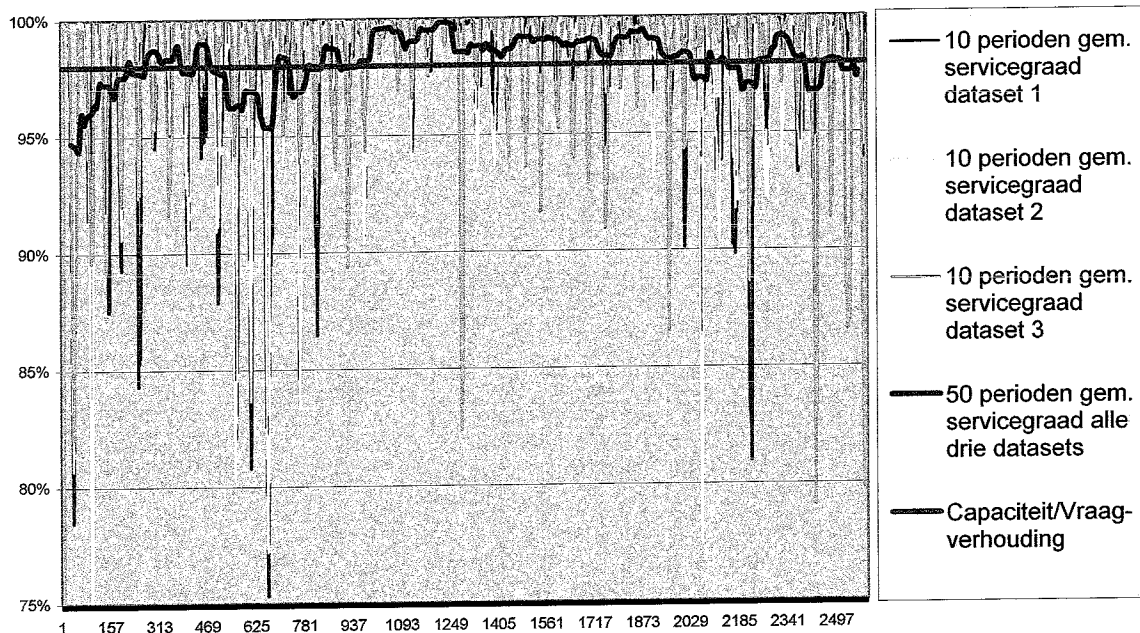
Het model kent het optreden van kleurverschillen niet, WBS voorraden komen in het model dan ook niet voor. In de werkelijkheid bestaat wel WBS-voorraad en deze ligt, naar verwachting van de betrokkenen, gemiddeld genomen langer op voorraad dan normale voorraad. In de werkelijkheid moet de voorraad daarom waarschijnlijk hoger zijn dan de modeluitkomst. Naar

¹⁴ Een dag productie is ongeveer 50.000 stuks.

verwachting moet in de werkelijkheid de voorraad tussen de 0 en 200.000 stuks hoger zijn dan de modeluitkomst.

Controle dat de uitkomsten geen aanloopeffecten bevatten

De looptijd van 50 jaar is gekozen om te voorkomen dat de uitkomsten geen aanloopeffecten bevatten. Visueel is gecontroleerd dat 50 jaar een voldoende lange termijn is. Zo is in figuur 9 te zien dat de gemiddelde servicegraad stabiliseert rond 98%. Deze 98% is een gevolg van de gebruikte Capaciteit/Vraag-verhouding van 0,98.



Figuur 9: Visuele controle op aanloopeffecten

In bijlage 16 wordt de vraag behandeld of het gebruik van drie datasets statistisch gezien verantwoord is. Dit blijkt statistisch verantwoord te zijn.

Conclusie

Volgens het model zijn er 2,8 miljoen pannen benodigd om de servicegraad van 98% te halen. Deze waarde is lager dan de werkelijke waarden uit het verleden en hoger dan de huidige waarde waarbij er leveringsproblemen dreigen. De uitkomst van het model is conform de verwachtingen.

Wellicht is de uitkomst te hoog als gevolg van de voorkennis die de planner heeft van de afleveringen, een deel van de orders zijn namelijk in de werkelijkheid vooraf bekend en in het model niet. De uitkomst kan echter niet veel te hoog zijn, met de voorraad van 2,6 miljoen (inclusief 200.000 stuks WBS voorraad) treden reeds problemen op terwijl het model 2,8 miljoen stuks nodig vindt. De uitkomst zal geen honderdduizenden stuks te hoog zijn.

Het model kent geen WBS-voorraad. In de werkelijkheid zal de voorraad hoger moeten zijn dan volgens het model nodig is vanwege de voorraad aan WBS-partijen.

Voor het vervolg wordt aangenomen dat het effect van WBS-partijen (waardoor de werkelijke benodigde voorraad groter is dan volgens het model) en van de voorkennis (waardoor de werkelijke benodigde voorraad kleiner is dan volgens het model) elkaar opheft.

5.6 De benodigde voorraad volgens het model

In deze paragraaf wordt de benodigde voorraad bepaald voor de situatie met vier types dakpannen zonder wijzigingen in de beperkingen en sturingsvariabelen.

De opzet

De situatie voor 2005 verschilt van de situatie van de afgelopen jaren. Zo wordt er een evenwicht verwacht tussen productiecapaciteit en vraag. Dit evenwicht komt door het herstel van de markt en het zelf gaan produceren van het type OVH+. Dit type werd eerst in Duitsland ingekocht en zal in 2004 ook op de Linglijn worden geproduceerd. Met behulp van het geverifieerde model zal de benodigde voorraad worden bepaald voor de toekomstige situatie met vier types op de Linglijn.

De gebruikte parameters

De nummering verwijst naar paragraaf 5.2.1 en bijlage 13 waar de modelvariabelen zijn besproken.

1. In het model zijn vier types opgenomen, namelijk de VH, OVH, Renova en OVH+.
2. De varianten zijn opgenomen zoals ze in bijlage vijf zijn weergegeven. Voor het type OVH+ zijn drie varianten opgenomen, waaronder de variant natuurrood.
3. Het model is gerund met modelperiodes van één week en een totale looptijd van 50 jaar. De keuze van 50 jaar is mede ingegeven door de rekenkracht van Microsoft Excel, 50 jaar bleek bij 4 types met 34 varianten ongeveer de grens te zijn. De termijn van 50 jaar is gebleken lang genoeg te zijn om het model uit de initialisatiefase te laten komen, mits de initialisatievoorraad¹⁵ ongeveer gelijk is aan de uitkomstwaarde voor de benodigde voorraad. Bij de scenario's met een Capaciteit/Vraag-verhouding van 0,98 bleek dit meer kritisch te komen¹⁶ dan bij scenario's met een Capaciteit/Vraag-verhouding van 0,92 en 0,95..
4. De productieweken indeling van het jaar 2005 is gebruikt.
5. Een planningshorizon van acht weken¹⁷ is gebruikt.
6. De vraag is gebaseerd op de vraag in 2003 gecombineerd met de voorspelling van Verkoop. In bijlage 14 wordt hier dieper op ingegaan, in tabel 17 in deze bijlage zijn de gebruikte waarden opgenomen.
- 7 – 11 Het model is geïnitieerd met de benodigde voorraad¹⁸ met een gelijke Run-out Time per variant.
12. Voor de normproductie zijn de in bijlage 8 vermelde waarden opgenomen.
13. Voor de Capaciteit/Vraag-verhouding is de waarde 0,98 gebruikt, deze waarde geeft de door Lafarge Roofing Benelux B.V. gewenste verhouding weer.

Bespreking van de uitkomst

De uitkomst van het model is: 4,1 miljoen stuks pannen. Dit is ook in lijn met de resultaten in paragraaf 5.3.2 waar het scenario met 5 weken planningshorizon, 3 weken type-seriegrootte en 0,98 Capaciteit/Vraag-verhouding uitkomt op een benodigde voorraad van 2,8 miljoen stuks. Het verschil tussen de 2,8 en 4,1 miljoen voorraad is voornamelijk het vierde type dat erbij komt. Hieronder wordt gekeken wat het verwachte effect per voorraadsoort is van het wijzigen van het aantal types:

¹⁵ De initialisatievoorraad is de voorraad op het moment $t = 0$.

¹⁶ Een surplus aan voorraad kan slecht worden afgebouwd omdat de vraag gemiddeld maar 2% groter is dan de productiecapaciteit, de andere scenario's hebben hiervoor meer flexibiliteit.

¹⁷ Deze 8 weken is gebaseerd op de 10-wekenplanning. Deze planning is aan het begin van de maand 10 weken lang en aan het einde van de maand nog 6 weken (dan wordt de planning weer aangevuld tot 10 weken). Gemiddeld is de planning 8 weken lang.

¹⁸ Door middel van trial and error is de benodigde voorraad bepaald met het model. Het proces van trial and error is voortgezet tot de benodigde voorraad niet meer dan 200.000 stuks afwijkt van de initialisatievoorraad.

- De seizoensvoorraad: Deze zal niet veel veranderen en is sowieso niet relevant voor de puntmeting aan het einde van het jaar (in december is de voorraad bijna op het laagste punt).
- De cyclusvoorraad: Voor een vierde type is in het algemeen 50% meer cyclusvoorraad nodig is ten opzichte met drie types (zie voor de uitwerking bijlage 12). Tevens is een stijging in de cyclusvoorraad te verwachten voor de situatie met vier types als gevolg van de hogere vraag.
- De veiligheidsvoorraad: Deze zal toenemen omdat:
 - o Er meer varianten zijn waarvoor veiligheidsvoorraad moet worden aangehouden.
 - o Het langer zal duren in een situatie met meer types voordat het type weer aan bod komt. Omdat deze termijn langer wordt is er meer veiligheidsvoorraad nodig.

In het laatste deel van bijlage twaalf wordt gedemonstreerd dat de toevoeging van OVH+ zal leiden tot het hebben van een cyclusvoorraad van 32/20^e typeseriegrootte in plaats van 20/20^e typeseriegrootte. De typeseriegrootte is bij een productieduur van drie weken ongeveer <NOD H 5.1>, hieruit is te verwachten dat de cyclusvoorraad als gevolg van de introductie van het type OVH+ met <NOD H 5.2> of meer moet toenemen. Het restant van de stijging van 1,2 miljoen (dus <NOD H 5.3> maximaal) kan worden toegeschreven aan de extra benodigde veiligheidsvoorraad.

Conclusie

Voor de situatie van 2005 is 4,1 miljoen pannen eindejaarsvoorraad nodig voor de Linglijn. Dat dit aanzienlijk meer is dan de 2,8 miljoen pannen in de huidige situatie is verklaarbaar.

Zoals reeds gemeld in paragraaf 5.3.2 wordt er hierbij vanuit gegaan dat het effect van WBS-partijen (waardoor de werkelijk benodigde voorraad groter zal zijn dan de gevonden 4,1 miljoen stuks) en het effect van voorkennis (waardoor de werkelijk benodigde voorraad kleiner kan zijn dan de gevonden 4,1 miljoen) elkaar opheft.

Hoofdstuk 6: Het effect van de sturingsvariabelen op de benodigde voorraad

In dit hoofdstuk worden stap zeven en stap acht uit het in paragraaf 2.3 gepresenteerde stappenplan uitgewerkt, namelijk het zoeken naar methodes om het effect van het wijzigen van de sturingsvariabelen te onderzoeken en dit effect ook te bepalen. Stap zeven, het zoeken naar de methodes, wordt in de eerste paragraaf uitgewerkt. In de tweede paragraaf wordt de keuze van de te onderzoeken randvoorwaarden gemotiveerd waarna de overige paragrafen ingaan op de effecten van de sturingsvariabelen. Zo worden in paragraaf drie de resultaten gegeven van de gebruikte scenario's, in paragraaf vier het effect van de seriegrootte per type, in paragraaf vijf het effect van de Capaciteit/Vraag-verhouding en in paragraaf zes het effect van de planningshorizon op de benodigde voorraad besproken.

6.1 Wijze van onderzoek

Het in hoofdstuk vijf gepresenteerde simulatiemodel is als basis genomen voor het onderzoek naar de effecten van het wijzigen van de sturingsvariabelen. De opzet hierbij is om een aantal scenario's te bouwen waarbij de scenario's gedefinieerd worden door de waardes van de gekozen sturingsvariabelen. Per sturingsvariabele worden enkele mogelijke waardes gekozen. Omdat er samenhang tussen de sturingsvariabelen mogelijk is wordt voor elke combinatie van waardes een scenario gebouwd en gesimuleerd.

6.2 Keuze van de te onderzoeken sturingsvariabelen

In paragraaf 3.2 zijn onderstaande vijf sturingsvariabelen onderscheiden.

1. De capaciteitsbeladingsgraad
2. De seriegrootte per type
3. De levertijd
4. De servicegraad
5. De planningshorizon

De eerste sturingsvariabele, de capaciteitsbeladingsgraad, is om meerdere redenen niet gekozen:

- Technische eigenschappen van het ovenproces maken een lagere beladingsgraad slechts zeer beperkt mogelijk (in bijlage zeven wordt dit nader toegelicht).
- Er wordt door Verkoop een tekort aan capaciteit verwacht, een volledige capaciteitsbenutting ligt voor de hand.
- Het verlagen van de capaciteitsbenutting gaat gepaard met een hogere kostprijs. Het energieverbruik¹⁹, vaste kosten, overhead en het aantal gemaakte uren²⁰ is nagenoeg niet van de capaciteitsbeladingsgraad afhankelijk. Een hogere kostprijs is voor Lafarge Roofing Benelux B.V. onaanvaardbaar in de huidige marktsituatie.

De tweede sturingsvariabele, de seriegrootte per type, is wel gekozen. Over de seriegrootte zijn op de locatie besluiten te nemen. Het inzicht in de besparingen ontbreekt echter en tevens zijn de kosten niet duidelijk. Door deze sturingsvariabele mee te nemen in het onderzoek wordt in ieder geval duidelijk of er veel besparingen op de voorraadkosten mogelijk zijn.

De levertijd is niet gekozen omdat deze voor Lafarge Roofing Benelux B.V. niet ter discussie staat. Tevens leent het ontworpen model zicht niet voor onderzoek naar deze sturingsvariabele.

¹⁹ De oven moet 24 uur per dag branden ongeacht het schuiftempo, de temperatuur kan echter wel iets dalen (zie bijlage 5)

²⁰ Bij een lager schuiftempo in de oven moet met eenzelfde bezetting worden gewerkt.

Lafarge Roofing Benelux B.V. vindt het verlagen van de servicegraad, om zo de benodigde voorraad te minimaliseren, geen optie. De insteek van dit afstudeeronderzoek is dan ook om voor de maximaal haalbare servicegraad de benodigde voorraad te bepalen. De servicegraad is daarmee niet meegenomen als sturingsvariabele.

De maximaal haalbare servicegraad wordt bepaald door de Capaciteit/Vraag-verhouding. De Capaciteit/Vraag-verhouding is afhankelijk van de vraag voor de toekomst en de productiecapaciteit. Uitgangspunt is dat de vraag de productiecapaciteit zal gaan overtreffen. Dit uitgangspunt is gebaseerd op de huidige vraagvoorspelling door Verkoop. Productie is iets minder optimistisch over de toekomstige vraag en gaat uit van een evenwicht tussen vraag en productiecapaciteit. De Capaciteit/Vraag-verhouding is wel meegenomen als sturingsvariabele. De verwachting is dat er bij een lagere Capaciteit/Vraag-verhouding minder voorraad benodigd is, er mag namelijk meer vraag verloren gaan.

De vijfde sturingsvariabele, de planningshorizon (de termijn waarop de planning niet meer wijzigbaar is), is wel meegenomen als sturingsvariabele. De verwachting is dat het verkorten van de planningshorizon resulteert in een kleinere benodigde voorraad. De achterliggende gedachte hierbij is dat Productie makkelijker de vraag kan volgen doordat de planning minder lang van te voren vast staat.

6.3 De modelresultaten

In deze paragraaf worden de modelresultaten gegeven. Alvorens de modelresultaten te bespreken wordt ingegaan op de gebruikte parameters

De gebruikte waarden voor de te onderzoeken sturingsvariabelen

Hieronder zullen de drie gekozen sturingsvariabelen aan bod komen. Alle overige variabelen zijn identiek aan de opsomming in paragraaf 5.4.

De type-seriegrootte

De gemiddelde type-seriegrootte voor 2003 en 2004 lag tussen de vier en vijf weken productie. Momenteel wordt minimaal drie weken productie als minimum type-seriegrootte aangehouden. Voor het onderzoek naar het effect van het wijzigen van deze sturingsvariabele zijn drie waarden opgenomen, namelijk 2 weken, 3 weken en 4 weken productie.

De Capaciteit/Vraag-verhouding

Voor de Capaciteit/Vraag-verhouding zijn eveneens drie waarden opgenomen. De waarde van 0,98 geeft de huidige verwachte situatie weer waarbij een servicegraad van 98% gerealiseerd wordt. De waarden van 0,95 en 0,92 zijn ook opgenomen en betekenen een tekort aan productiecapaciteit. Capaciteitstekort is niet gewenst door Lafarge Roofing Benelux B.V., desalniettemin kunnen deze waarden wel gaan voorkomen. Productie en Verkoop hanteren verschillende afzetprognoses voor 2005 waarbij de afzetprognose van Productie neerkomt op een Capaciteit/Vraag-verhouding van 0,98 en de afzetprognose van Verkoop op 0,95. Bij het aanpassen van de Capaciteit/Vraag-verhouding is uitgegaan van eenzelfde productiecapaciteit met een grotere vraag als bij de situatie met een Capaciteit/Vraag-verhouding van 0,98²¹.

De planningshorizon

Momenteel wordt gewerkt met een 10-wekenplanning die maandelijks weer wordt aangevuld tot 10 weken. Gemiddeld is deze planning 8 weken. Kleurstoffen voor de engobes kennen de langste

²¹ De vraag naar alle varianten is met dezelfde factor opgehoogd zodat de verdeling over de varianten identiek is met de vraag behorende bij een Capaciteit/Vraag-verhouding van 0,98.

levertermijn, deze loopt op tot 6 weken. Momenteel wordt echter naar andere leveranciers gekeken die binnen 5 weken kunnen leveren. Indien de planningshorizon kleiner is dan 5 weken zal voorraad aan grondstoffen moeten worden aangehouden. Voor de planningshorizon zijn de waarden van 2, 5 en 8 weken opgenomen.

In totaal zijn er 27 scenario's gebouwd die verschillen op de drie sturingsvariabelen die elk drie mogelijke waarden hebben.

De resultaten

In Tabel 5 is de benodigde voorraad per scenario weergegeven in miljoenen stuks pannen. Voor alle duidelijkheid: het betreft hier conform de afbakening enkel de benodigde voorraad voor de Linglijn.

Tabel 5: de benodigde voorraad per scenario in miljoenen stuks pannen

Capaciteit/Vraag-verhouding: 0,92		Planningshorizon		
		2 weken	5 weken	8 weken
<i>type-seriegrootte</i>	2 weken	2,3	2,5	2,6
	3 weken	2,8	2,9	3,1
	4 weken	3,3	3,5	3,4

Capaciteit/Vraag-verhouding: 0,95		Planningshorizon		
		2 weken	5 weken	8 weken
<i>type-seriegrootte</i>	2 weken	2,5	2,9	2,9
	3 weken	3,2	3,4	3,4
	4 weken	3,6	3,8	3,7

Capaciteit/Vraag-verhouding: 0,98		Planningshorizon		
		2 weken	5 weken	8 weken
<i>type-seriegrootte</i>	2 weken	3,1	3,4	3,6
	3 weken	3,7	4,0	4,1
	4 weken	4,2	4,4	4,5

In de volgende paragrafen zal het effect van het wijzigen van de seriegrootte per type (paragraaf 6.4), de Capaciteit/Vraag-verhouding (paragraaf 6.5) en de planningshorizon (paragraaf 6.6) besproken worden.

6.4 Het effect van de seriegrootte per type

De eerste onderzochte sturingsvariabele is de seriegrootte per type. In tabel 6 hieronder wordt weergegeven hoeveel minder voorraad benodigd is als gevolg van het terugbrengen van de seriegrootte per type.

Tabel 6: De besparing in miljoenen stuks pannen als gevolg van het terugbrengen van de seriegrootte per type

Verschil in benodigde voorraad als gevolg van het terugbrengen van de type-seriegrootte van 4 naar 3 weken

Typeseriegrootte 4 -> 3 weken		Planningshorizon		
		2 weken	5 weken	8 weken
Capaciteit/Vraag-verhouding	0,92	0,5	0,6	0,3
	0,95	0,4	0,4	0,3
	0,98	0,5	0,4	0,4

Verschil in benodigde voorraad als gevolg van het terugbrengen van de type-seriegrootte van 3 naar 2 weken

Typeseriegrootte 3 -> 2 weken		Planningshorizon		
		2 weken	5 weken	8 weken
Capaciteit/Vraag-verhouding	0,92	0,5	0,4	0,5
	0,95	0,7	0,5	0,5
	0,98	0,6	0,6	0,5

Verschil in benodigde voorraad als gevolg van het terugbrengen van de type-seriegrootte van 4 naar 2 weken

Typeseriegrootte 4 -> 2 weken		Planningshorizon		
		2 weken	5 weken	8 weken
Capaciteit/Vraag-verhouding	0,92	1,0	1,0	0,8
	0,95	1,1	0,9	0,8
	0,98	1,1	1,0	0,9

Uit de tabel blijkt dat de besparing wel afhankelijk is van het scenario, maar dat de besparingen niet bijzonder ver uiteenlopen. De besparing is ongeveer één miljoen stuks pannen bij het terugbrengen van de type-seriegrootte van 4 naar 2 weken. Het verwachte verband is hiermee aangetoond.

6.5 Het effect van de Capaciteit/Vraag-verhouding

In tabel 7 hieronder is het effect van het wijzigen van de Capaciteit/Vraag-verhouding weergegeven. De Capaciteit/Vraag-verhouding komt overeen met de servicegraad indien alle vraag wordt geaccepteerd, of komt overeen met de geaccepteerde vraag indien een servicegraad van 100% wordt behaald.

Tabel 7: Het effect van het verlagen van de Capaciteit/Vraag-verhouding in miljoenen stuks pannen op de benodigde voorraad

Verskil in de benodigde voorraad als gevolg van het wijzigen van de Capaciteit/Vraag-verhouding van 0,98 naar 0,95

Capaciteit/Vraag-verhouding 0,98 -> 0,95	Planningshorizon		
	2 weken	5 weken	8 weken
Type-seriegrootte 2 weken	0,6	0,5	0,7
3 weken	0,5	0,6	0,7
4 weken	0,6	0,6	0,8

Verskil in de benodigde voorraad als gevolg van het wijzigen van de Capaciteit/Vraag-verhouding van 0,95 naar 0,92

Capaciteit/Vraag-verhouding 0,95 -> 0,92	Planningshorizon		
	2 weken	5 weken	8 weken
Type-seriegrootte 2 weken	0,2	0,4	0,3
3 weken	0,4	0,5	0,3
4 weken	0,3	0,3	0,3

Verskil in de benodigde voorraad als gevolg van het wijzigen van de Capaciteit/Vraag-verhouding van 0,98 naar 0,92

Capaciteit/Vraag-verhouding 0,98 -> 0,92	Planningshorizon		
	2 weken	5 weken	8 weken
Type-seriegrootte 2 weken	0,8	0,9	1,0
3 weken	0,9	1,1	1,0
4 weken	0,9	0,9	1,1

Zoals verwacht neemt de benodigde voorraad af bij lagere waarden voor de Capaciteit/Vraag-verhouding.

6.6 Het effect van de planningshorizon

De planningshorizon is de termijn dat de planning niet meer gewijzigd kan worden. In de scenario's zitten zijn verschillende waardes voor de planningshorizon opgenomen: 2 weken, 5 weken en 8 weken productie. Hierbij is het de verwachting dat hoe langer de planningshorizon is, hoe groter de benodigde voorraad zal zijn. Dit komt omdat de productiebeslissingen eerder genomen moeten worden en dus op basis van minder informatie. Om de onzekerheid binnen de planningshorizon op te vangen is veiligheidsvoorraad nodig, daaruit volgt de redenering dat hoe langer de horizon is, hoe meer veiligheidsvoorraad nodig is.

Uit tabel 8 hieronder blijkt dat het effect van de verschillende gebruikte waardes voor de horizon niet duidelijk te herkennen is in de resultaten, maar dat het effect wel speelt bij een hoge Capaciteit/Vraag-verhouding (0,98) en een korte type-seriegrootte (2 weken). Het verschil in de benodigde voorraad bij 8 weken horizon en bij 5 weken horizon is veel minder duidelijk aanwezig. In totaal is, afhankelijk van het scenario, tussen de 0,1 en 0,5 miljoen pannen te besparen op de benodigde voorraad bij de gebruikte scenario's.

Tabel 8: Het effect in miljoenen stuks pannen van het terugbrengen van de planningshorizon

Verschil in benodigde voorraad als gevolg van
het terugbrengen van de horizon van 8 naar 5 weken

Planningshorizon 8 -> 5	Type-seriegrootte	2 weken 3 weken 4 weken		
		2 weken	3 weken	4 weken
Capaciteit/Vraag-verhouding	0,92	0,1	0,2	-0,1
	0,95	0,0	0,0	-0,1
	0,98	0,2	0,1	0,1

Verschil in benodigde voorraad als gevolg van
het terugbrengen van de horizon van 8 naar 5 weken

Planningshorizon 5 -> 2	Type-seriegrootte	2 weken 3 weken 4 weken		
		2 weken	3 weken	4 weken
Capaciteit/Vraag-verhouding	0,92	0,2	0,1	0,2
	0,95	0,4	0,2	0,2
	0,98	0,3	0,3	0,2

Verschil in benodigde voorraad als gevolg van
het terugbrengen van de horizon van 8 naar 2 weken

Planningshorizon 8 -> 2	Type-seriegrootte	2 weken 3 weken 4 weken		
		2 weken	3 weken	4 weken
Capaciteit/Vraag-verhouding	0,92	0,3	0,3	0,1
	0,95	0,4	0,2	0,1
	0,98	0,5	0,4	0,3

Rechtsboven in de tabel komt twee keer een negatieve besparing voor van -0,1 miljoen. Deze waarde is naar verwachting een afrondingseffect. Hiernaar kan nader onderzoek gedaan worden door bijvoorbeeld naar de gemiddelde voorraad gedurende de laatste jaren te kijken en niet slechts een puntmeting te hanteren, wat nu gebeurt om de eindejaarsvoorraad te bepalen.

Bij de waarden van twee en vijf weken voor de planningshorizon wordt beperking 1 uit paragraaf 3.1.2 niet gerespecteerd. Het betreft de beperking dat de basisstoffen voor glazuren & engobes twee tot zeven weken voor de levering besteld moeten worden. Een planningshorizon van twee of vijf weken is alleen mogelijk indien er kortere levertijden komen voor de basisstoffen of indien er een voorraad basisstoffen aangehouden wordt.

Hoofdstuk 7: De ombouwfrequentie

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de laatste twee stappen uit het plan van aanpak zoals gepresenteerd in paragraaf 2.3. Het betreft stap 9: *Het kiezen van een sturingsvariabele om nader onderzoek naar te doen* en stap 10: *Nader onderzoek naar de gekozen sturingsvariabele*. Stap 9 is uitgewerkt in de eerste paragraaf en stap 10 is uitgewerkt in drie delen. Deel één is uitgewerkt in paragraaf twee en betreft het in kaart brengen van de baten van een hogere ombouwfrequentie. Deel twee is uitgewerkt in paragraaf drie en betreft het in kaart brengen van de kosten van een hogere ombouwfrequentie. Deel drie tenslotte omvat een kosten-batenanalyse. Deze is opgenomen in paragraaf 7.4 om een oordeel te kunnen geven over de wenselijkheid van een hogere ombouwfrequentie.

7.1 De keuze tot nader onderzoek naar deze sturingsvariabele

In paragraaf 6.2 zijn drie sturingsvariabelen gekozen waarvan het effect op de benodigde voorraad is onderzocht met behulp van het ontworpen model.

De eerste sturingsvariabele is de seriegrootte per type, in paragraaf 6.4 is gebleken dat het wijzigen van de waarde van deze sturingsvariabele de benodigde voorraad sterk beïnvloedt. Zo kan de benodigde voorraad een miljoen pannen per jaar kleiner zijn bij een type-seriegrootte van twee weken in plaats van vier weken. De kleinere type-seriegrootte resulteert wel in een hogere ombouwfrequentie, het is niet duidelijk wat dit zal kosten.

In paragraaf 6.5 wordt ingegaan op het effect van de tweede sturingsvariabele, de Capaciteit/Vraag-verhouding. Het verwachte verband voor deze Capaciteit/Vraag-verhouding is aangetoond. Lafarge Roofing Benelux B.V. wenst echter de Capaciteit/Vraag-verhouding niet als sturingsvariabele te gebruiken in de huidige marktomstandigheden. Nader onderzoek naar deze sturingsvariabele is daardoor niet nuttig.

De derde en laatste gekozen sturingsvariabele is behandeld in paragraaf 6.6. Het betreft de Planningshorizon (gedefinieerd als de tijdsduur dat de planning niet meer gewijzigd kan worden). Hierbij is aangetoond dat de benodigde voorraad verkleind kan worden door het drastisch verkorten van de Planningshorizon. Echter de besparing op de benodigde voorraad is nog niet de helft van de besparing van een miljoen pannen die bereikt wordt door het hanteren van een hogere ombouwfrequentie. Om een korte Planningshorizon mogelijk te maken moet óf een andere leverancier gezocht worden óf moet een voorraad aan grondstoffen voor glazuren en egobes aangehouden worden.

In overleg met de stuurgroep is besloten om het onderzoek te richten op de eerste sturingsvariabele, de type-seriegrootte en de daaruit volgende ombouwfrequentie.

7.2 De mogelijke besparingen op de voorraadkosten

Per punt wordt een onderdeel van de voorraadkosten besproken, waarna bij het vijfde punt de voorraadkosten per voorraadpan per jaar worden opgeteld. Deze voorraadkosten per voorraadpan per jaar worden bij punt zes vermenigvuldigd met het aantal pannen dat op de benodigde voorraad bespaard kan worden als gevolg van een hogere ombouwfrequentie.

1. De interestkosten per voorraadpan per jaar

Binnen Lafarge Roofing Benelux B.V. wordt gebruik gemaakt van een percentage dat de kapitaalkosten over het geïnvesteerde kapitaal weergeeft. Dit percentage is gedefinieerd als de *Cost of Capital* en bedraagt momenteel 8,5% op jaarbasis.

De voorraad wordt tegen de (streef)kostprijs gewaardeerd. Deze kostprijs verschilt per variant. Volgens SAP module S039 bedroeg de voorraad pannen van de Linglijn op 11 januari 2005 2.541.427 stuks en deze was gewaardeerd tegen € 1.528.988,79. Dit komt neer op gemiddeld € 0,60 per pan.

De interestkosten per voorraadpan per jaar volgen uit de onderstaande berekening.

$$€ 0,60 \text{ per pan} * 0,085 \text{ per jaar} = \underline{€ 0,051 \text{ per voorraadpan per jaar}}$$

2. De huurkosten voor de opslag per voorraadpan per jaar

De pannen van de Linglijn zijn per 256 stuks verpakt op pallets van 1,10 meter breed bij 1,20 meter diep en staan gemiddeld 3,5 pallets hoog. Tussen de rijen met pallets wordt ruimte gehouden, dit komt overeen met 20% van het oppervlak van een pallet. Met onderstaande berekening is het aantal pannen per m² berekend.

$$256 \text{ pannen per pallet} * 3,5 \text{ pallets per stapel pallets} / (1,32 \text{ m}^2 \text{ per stapel pallets} * 1,2 \text{ voor ruimte tussen pallets}) = 566 \text{ pannen per m}^2$$

De opslagruimte op de locatie Tegelen, het tasveld genoemd, is niet toereikend voor de voorraadhoogtes van de afgelopen jaren. In bijlage 19 is te zien hoeveel ruimte is gehuurd en hoeveel dit heeft gekost. Een verandering in het huidige voorraadniveau zal resulteren in het meer of minder ruimte moeten huren gedurende het hele jaar. In december 2004 werd 1010 m² gehuurd voor een maandhuur van € 1.138,10. Dit komt neer op een huur van € 13,52 per m² per jaar.

De huurkosten per voorraadpan per jaar volgen uit de onderstaande berekening.

$$€ 13,52 \text{ per m}^2 / 566 \text{ pannen per m}^2 = \underline{€ 0,024 \text{ per voorraadpan per jaar}}$$

3. De pendelkosten per voorraadpan per jaar

Het huren van extra opslagruimte betekent dat de pannen daar heen gebracht moeten worden en weer opgehaald moeten worden om op het tasveld aan de klant of de transporteur geleverd te worden. Onder de pendelkosten worden de kosten van deze goederenbewegingen verstaan. Deze kosten worden deels door Afnemerservice gemaakt en deels door derden die voor dit pendelen worden ingehuurd.

Op kostenplaats TG71091 zijn in verband met dit pendelen 630 uur in 2003 en 740 uur in 2004 geboekt. Deze uren zijn gemaakt door heftruckchauffeurs van Afnemerservice en zij kosten naar schatting € 27,50 per uur.

De 630 uur in 2003 en de 740 uur in 2004 zijn gemaakt met heftrucks. Op basis van de maandelijkse opname van de urentelwerken van de heftrucks en de facturen van Motrack B.V. (het bedrijf waarvan de heftrucks geleasd zijn) en Pulles-OZN B.V. (de leverancier van de brandstof) is een uurtarief bepaald, dit is voor 2003 € 11,25 per uur en voor 2004 € 11,96 per uur.

Door derden is in verband met het pendelen € 3.500,- in 2003 en € 4.700,- in 2004 gefactureerd. Dit betreft uitbesteed werk uitgevoerd door logistiek centrum Beurskens.

De gemiddelde kosten voor het pendelen in 2003 en 2004 volgen uit de onderstaande berekening:

$$630 \text{ uur in 2003} * (\text{€ } 27,50 \text{ per uur} + \text{€ } 11,25 \text{ per uur heftruck in 2003}) + \\ 740 \text{ uur in 2004} * (\text{€ } 27,50 \text{ per uur} + \text{€ } 11,96 \text{ per uur heftruck in 2004}) + \\ \text{€ } 3.500,- \text{ door derden in 2003} + \text{€ } 4.700 \text{ door derden in 2004}$$

= € 30.900,- per jaar

2 jaar

Gemiddeld is in 2003 en 2004 2500 m² per jaar gehuurd (zie bijlage 19). Bij punt 2 is berekend dat er 566 pannen op een vierkante meter passen, in 2003 en 2004 is er voor gemiddeld 1.415.000 voorraadpannen per jaar terrein gehuurd.

Voor 2003 en 2004 was de gemiddelde afzet ongeveer <NOD H 7.1> pannen per jaar. De voorspelling voor de komende jaren is ongeveer <NOD H 7.1> pannen per jaar. De omloopsnelheid van de pannen zal hierdoor bij eenzelfde voorraadniveau 33% hoger liggen. De aanname is dat de pendelkosten per voorraadpan per jaar ook met 33% zullen stijgen.

De pendelkosten per voorraadpan per jaar volgen uit onderstaande berekening.

$$\text{€ 30.900,- per jaar} / 1.415.000 \text{ voorraadpannen per jaar} * 1.33 = \underline{\text{€ 0,029 per voorraadpan per jaar}}$$

4. De overige kosten per voorraadpan per jaar

De overige kosten bestaan uit onder andere de breuk als gevolg van het pendelen en het extra risico op incurantheid. Er zijn geen data voorhanden om hier een schatting voor te kunnen doen, de kosten zullen naar verwachting echter kleiner zijn dan de bij de vorige drie punten behandelde kostenposten.

5. De totale voorraadkosten per voorraadpan per jaar

In tabel 9 hieronder is een opsomming gegeven van de kostenonderdelen van de voorraadkosten per voorraadpan per jaar voor wijzigingen in de benodigde voorraad. Voor wijzigingen in de benodigde voorraad zal gerekend worden met € 0,104 per voorraadpan per jaar.

Tabel 9: Opsomming kosten per voorraadpan per jaar voor wijzigingen in de voorraad

Interestkosten	€ 0,051 per voorraadpan per jaar
Kosten huur opslagruimte	€ 0,024 per voorraadpan per jaar
Kosten pendelen	€ 0,029 per voorraadpan per jaar
Kosten breuk/incurant	€ ????? per voorraadpan per jaar
Totaal	€ 0,104 per voorraadpan per jaar

6. De mogelijke besparingen op de voorraadkosten bij een hogere ombouwfrequentie

In tabel 6 in paragraaf 6.4 zijn de reducties op de benodigde voorraad weergegeven als gevolg van het terugbrengen van de minimum type-seriegrootte. Voor de huidige situatie met een Capaciteit/Vraag-verhouding van 0,98 en een planningshorizon van 5 tot 8 weken productie is de reductie bij het terugbrengen van de type-seriegrootte 0,4 miljoen voorraadpannen per jaar. In totaal 1,0 miljoen voorraadpannen per jaar zijn er minder nodig bij een minimum type-seriegrootte van 2 weken productie. In tabel 10 hieronder is de besparing opgenomen op basis van de € 0,104 per voorraadpan per jaar zoals gevonden bij punt 5.

Tabel 10: Mogelijke besparingen op de voorraad kosten

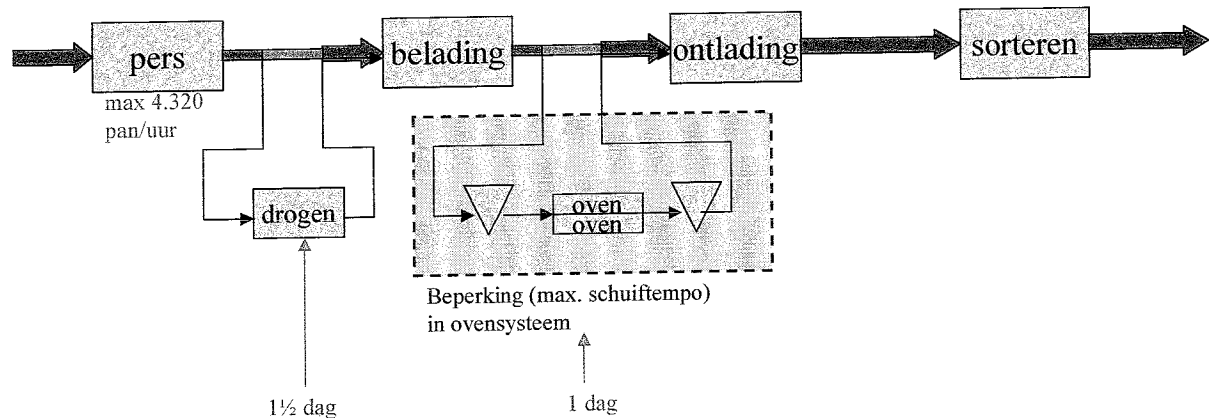
Typeseriegrootte van 4 weken productie naar	Besparing op de voorraadkosten
3 weken productie	€ 41.600,-
2 weken productie	€ 104.000,-

7.3 De extra ombouwkosten bij vaker ombouwen

In deze paragraaf worden de extra ombouwkosten berekend als gevolg van een hogere ombouwfrequentie. In de eerste sectie wordt toegelicht wat het ombouwen inhoudt en in de tweede sectie volgt de bepaling van het capaciteitsverlies bij het ombouwen. In de derde sectie worden de totale ombouwkosten bepaald.

7.3.1 Het ombouwen

In figuur 10 hieronder zijn de vier grote installaties van de Lingl-lijn weergegeven (zie voor een volledige beschrijving van de Linglijn paragraaf 1.3.2). Deze machines zijn allemaal gekoppeld, dat wil zeggen dat als er één machine stilvalt dat dan de hele lijn stilvalt. De buffers tussen deze installaties zijn slechts voldoende voor enkele minuten productie.



Figuur 10: Weergave Lingl-lijn

Het ombouwen gebeurt in vijf stappen.

Stap 1: Het ombouwen van de pers op maandagavond

Stap 2: Het instellen van de richters na de pers op dinsdagochtend

Stap 3: Het ombouwen van de beladinginstallatie op woensdag

Stap 4: Het ombouwen van de ontladinginstallatie op donderdag

Stap 5: Het ombouwen van de sorteerinstallatie (ook wel inpakmachine genoemd) op donderdag

Het ombouwen gebeurt op meerder dagen vanwege de doorlooptijd van de pannen in de droogkamers en in het ovenstelsel. In bijlage 20 wordt een toelichting gegeven op deze stappen.

7.3.2 Het capaciteitsverlies bij het ombouwen

Een aantal jaar terug is er een norm opgesteld voor capaciteitsverlies bij het ombouwen. Deze norm is gebaseerd op bijna 5 uur productiestilstand als gevolg van het ombouwen waarbij is aangenomen dat er in deze tijd 100% rendement gehaald had kunnen worden. De bijna 5 uur met 4.200 pannen per uur is daarmee de onderbouwing van 20.000 stuks pannen per keer ombouwen.

Op basis van historische schuiftempo's is het werkelijke capaciteitsverlies bij het ombouwen bepaald. Per keer ombouwen zijn er gemiddeld 4.970 pannen minder geproduceerd als gevolg van het ombouwen. In bijlage 21 wordt ingegaan op het bepalen van het werkelijke ombouwverlies.

In de praktijk is het ombouwverlies lager dan de norm. Hieronder worden hiervoor drie verklaringen gegeven.

- In de norm is ook de benodigde tijd opgenomen om de pers om te bouwen terwijl het ombouwen van de pers voornamelijk na werktijd gebeurt en daarmee geen lijnstilland veroorzaakt.

- Tijdens stilstand van de lijn wordt ook kleinschalig onderhoud zoals schoonmaken gedaan, in een week dat moet worden omgebouwd hoeft de lijn minder vaak te worden stilgelegd voor schoonmaakwerk en storingsen als gevolg van het niet tijdig schoonmaken.
- In weken dat niet omgebouwd hoeft te worden is de relatieve overcapaciteit van de lijn ten opzichte van het ingestelde schuiftempo van de ovens groter dan nodig voor de storingsen en het onderhoud.

7.3.3 De totale kosten van het ombouwen

Bij het bepalen van de ombouwkosten is onderscheid gemaakt tussen extra kosten en derving van opbrengsten.

Onder extra kosten worden materiaalkosten en overwerk verstaan, dit zijn kosten die zonder het ombouwen niet gemaakt zouden worden. Als extra kosten als gevolg van het ombouwen zijn geïdentificeerd:

- Overwerk van Productie als gevolg van het ombouwen van de pers (stap 1 van het ombouwen). Aangenomen is dat 1,25 uur overwerk nodig is door drie man die € 25,- per uur kosten en omdat het overwerk betreft een loonpercentage van 150% van toepassing is. $1,25 \text{ uur} * 3 \text{ man} * € 25,- \text{ per man per uur} * 150\% = € 140,-$
- Overwerk van de Technische Dienst als gevolg van het ombouwen van de pers (stap 1). Slechts in de helft van de gevallen is overwerk benodigd, de andere helft van de gevallen is er een monteur met nachtdienst die assisteert wiens uurloon bij de derving van opbrengsten staat. $1,25 \text{ uur} * 50\% \text{ van de gevallen} * 1 \text{ monteur} * € 27,- \text{ per monteur per uur} * 150\% = € 25,-$
- Breuk tijdens het richten (stap 2 van het ombouwen). Aangenomen is dat 500 pannen extra breken als gevolg van het ombouwen. De grondstofkosten zijn gemiddeld € 0,10 per pan (een aantal pannen valt voordat de glazuur of engobe is aangebracht), de waardetoevoeging aan deze pannen wordt meegenomen bij de derving opbrengsten bij het verlies aan waardetoevoeging. $500 \text{ pannen} * € 0,10 \text{ per pan} = € 50,-$
- Als gevolg van het ombouwen vindt vroegtijdig onderhoud plaats. Dit kost naar schatting € 50,- aan materialen. Dit vroegtijdig onderhoud houdt in dat het totale materiaalverbruik in een jaar met € 50,- toeneemt als gevolg van één keer extra ombouwen.

Onder derving van opbrengsten als gevolg van het ombouwen vallen de kosten van het capaciteitsverlies van de lijn en reguliere uren die de Technische Dienst besteedt aan het ombouwen. Deze kosten zouden zonder het ombouwen ook gemaakt zijn, echter dan zouden deze kosten ergens anders waarde toevoegen.

- Uren van de monteur met nachtdienst. Om de week is er een monteur met nachtdienst aanwezig, indien deze aanwezig is als de pers wordt omgebouwd (50% kans) dan helpt hij bij het ombouwen. De monteurs met nachtdienst vallen in een 120% regeling voor het loon voor zowel de uren overdag als de uren 's nachts. $1,25 \text{ uur} * 50\% \text{ van de gevallen} * 1 \text{ monteur} * € 27,- \text{ per monteur per uur} * 120\% = € 20,-$
- Als gevolg van het ombouwen vindt vroegtijdig onderhoud plaats. Dit kost naar schatting € 50,- aan uren (geen overwerkuren). Dit vroegtijdig onderhoud houdt in dat de totale loonkosten in een jaar met € 100,- toenemen als gevolg van een keer extra ombouwen.
- Het productieverlies van 4.970 pannen. De totale waardetoevoeging (loonkosten, afschrijvingen, energie, onderhoud etc.) per pan is ongeveer € 0,45. Aangenomen wordt dat de helft van deze waardetoevoeging variabele kosten zijn en de andere helft vaste kosten. De aanname is dat niet minder pannen verkocht of geproduceerd zullen worden als gevolg van het ombouwen (bijvoorbeeld door meer productiedagen in een jaar of overwerk). Onder deze aanname zijn alleen de variabele kosten geteld van de totale waardetoevoeging. $€ 0,45 \text{ waardetoevoeging per pan} * 50\% \text{ variabele kosten} * 4.970 \text{ pannen} = € 1.120$

In de onderstaande tabel zijn de ombouwkosten voor de huidige situatie gegeven.

Tabel 11: Ombouwkosten huidige situatie

Extra kosten		
Overwerk Productie	€ 140,-	
Overwerk Technische Dienst	€ 25,-	
Extra breuk	€ 50,-	
Extra materialen Technische Dienst	€ 50,-	
<i>Totaal extra kosten</i>		€ 265,-
Derving van opbrengsten		
Uren van de monteur met nachtdienst	€ 20,-	
Extra onderhoud Technische Dienst	€ 100,-	
Productieverlies van	€ 1.120,-	
<i>Totaal derving van opbrengsten</i>		€ 1.240,-
Totaal ombouwkosten		€ 1.505,-

In samenspraak met het Hoofd van de Technische Dienst, het Hoofd Productie en de stuurgroep is de aanname gedaan dat bij een type-seriegrootte van 2 weken er een leereffect zal optreden en de ombouwkosten dan met 20% afnemen.

Het model werkt met een aantal keuzemomenten per jaar dat een typewissel kan plaatsvinden. Het werkelijke aantal typewissels is maximaal gelijk aan dit aantal keuzemomenten. Het komt echter voor dat op een keuzemoment hetzelfde type wordt gekozen dat al in productie is. Indien hetzelfde type wordt gekozen vindt er op het desbetreffende keuzemoment geen ombouw plaats. Hieronder is in de tabel het gemiddelde werkelijke aantal keer ombouwen per minimum type-seriegrootte opgenomen op basis van de 27 scenario's met elk drie datasets van paragraaf 6.3.

Tabel 12: Ombouwkosten per jaar per ombouwfrequentie

Minimum type-seriegrootte	Aantal keuzemomenten	Gemiddeld werkelijk aantal keer ombouwen	Ombouwkosten per keer ombouwen	Gemiddelde ombouwkosten per jaar	Extra ombouwkosten t.o.v. minimum type-seriegrootte van 4 weken productie
2 weken productie	24 per jaar	21,6 per jaar	€ 1.204,-	€ 26.000,-	€ 9.300,-
3 weken productie	16 per jaar	14,4 per jaar	€ 1.505,-	€ 21.700,-	€ 5.000,-
4 weken productie	12 per jaar	11,1 per jaar	€ 1.505,-	€ 16.700,-	n.v.t.

7.4 De kostenbesparing bij vaker ombouwen

In tabel 13 hieronder zijn de in paragraaf 7.2 gevonden besparingen op de voorraadkosten en de in paragraaf 7.3 gevonden extra ombouwkosten gecombineerd. Tevens is de kostenbesparing als gevolg van het vaker ombouwen opgenomen.

Tabel 13: De kostenbesparing bij vaker ombouwen

Typeseriegrootte van 4 weken productie naar	Besparing op de voorraadkosten	Extra ombouwkosten	De kostenbesparing
3 weken productie	€ 41.600,-	€ 5.000,-	€ 36.600,-
2 weken productie	€ 104.000,-	€ 9.300,-	€ 94.700,-

Het gaat hier enkel om de besparing op de voorraadkosten. De voordelen van ene hogere ombouwfrequentie op het commerciële vlak zijn niet meegenomen. Te denken valt aan extra marktaandeel door kortere levertijden indien een variant niet voorradig is.

Hoofdstuk 8: De ontworpen planningstool

In dit hoofdstuk wordt de ontworpen planningstool besproken. Het ontwerpen van deze planningstool behoort niet tot het in paragraaf 2.3 besproken plan van aanpak. Binnen het project bestond echter de ruimte om iets extra's te doen en de keuze is gevallen op het ontwerpen van deze planningstool omdat dit de beste optie voorhanden was om de theorie aan de praktijk te koppelen.

8.1 Uitgangspunten voor de planningstool

Zoals in paragraaf 3.3 is besproken hanteert de Productieplanner een hiërarchie in de planning. Hij plant eerst de types in voordat hij de varianten inplant. Het grote verschil in ombouwkosten tussen typewissels en het kleurwissels in acht nemende is dit juist.

Voor het inplannen van de types gebruikt de Productieplanner vaste waarden voor de minimum voorraad per type. Het seizoenspatroon zit hierin niet verwerkt. Deze waarden zijn ooit met Afnemersservice afgesproken als veiligheidsvoorraden. Inmiddels is echter de vraagverdeling over de types veranderd en is er een vierde type bijgekomen. Bovendien is de situatie door het vierde type veel onoverzichtelijker geworden.

Voor de voorspelling van de vraag is de Productieplanner afhankelijk van de schattingen van Verkoop. Hierin zit een seizoenspatroon op maandbasis verwerkt. Dit seizoenspatroon is niet specifiek voor de locatie Tegelen, maar voor heel Lafarge Roofing Benelux B.V. Bij de berekening van dit seizoenspatroon wordt geen rekening gehouden met vakanties of andere zaken. Voor de budgetten wordt opmerkelijk genoeg wel weer teruggerekend aan de hand van het aantal werkdagen. De Productieplanner moet de types per week inplannen in plaats van per maand. Door het seizoenspatroon wordt hij gedwongen op maandbasis te werken. Het seizoenspatroon op maandbasis wordt wel door Verkoop gebruikt voor de budgetten..

Bij budgetwijzigingen in de loop van het jaar moet de resterende planning voor het jaar worden aangepast. Hierbij is het de kunst om de vraag voor het resterende deel zo te voorspellen dat de totale vraag in het jaar uitkomt op het aangepaste budget.

De planningstool kent de volgende uitgangspunten:

1. Het eenvoudig kunnen afwegen van verschillende opties.
2. Gebruik maken van het seizoenspatroon dat gevonden is voor de vraaggenerator van het model dat op weekbasis is vastgesteld specifiek voor Tegelen en waarbij wel rekening wordt gehouden met de vakanties (zie bijlage 14).
3. In plaats van met vaste waarden per periode werken met een veiligheidsvoorraad die afhankelijk is van het seizoenspatroon.
4. Het eenvoudig kunnen omgaan met budgetwijzigingen.

8.2 Het ontwerp van de planningstool

De planningstool is bijgevoegd op de cd in bijlage 17. In de figuren in bijlage 22 zijn de schermen van de planningstool weergegeven.

In het inputscherm worden onderstaande zeven zaken ingevuld:

- de weekcoëfficiënten die het seizoenspatroon weergeven
- het budget voor de locatie
- de verhouding van de vraag over de types
- de normproductie per week
- de beginvoorraad per type

- de som van de standaardafwijkingen van de varianten per type
- de parameter voor de basis-veiligheidsvoorraad

In het inputscherm kent een waarschuwingfunctie voor een onmogelijke planning en voor kritische planningsruimte. De planning is onmogelijk indien deze zeker niet zonder foutmeldingen gemaakt kan worden. De planningsruimte is kritisch als de totale beschikbare voorraad in een periode tussen de 100% en de 130% van de som benodigde veiligheidsvoorraden voor die periode ligt. Het is niet gezegd dat het dan onmogelijk is om de planning rond te krijgen zonder foutmeldingen, maar het zal in ieder geval niet eenvoudig zijn. 130% is hierbij een intuïtieve waarde zonder wetenschappelijke onderbouwing.

In het planningscherm is aan te geven welk type in welke week gepland staat. Direct is te zien in welke periode niet aan de benodigde veiligheidsvoorraad wordt voldaan. De benodigde veiligheidsvoorraad in een week is gedefinieerd als de weekcoëfficiënt van die week keer de basis-veiligheidsvoorraad. De veiligheidsvoorraad is daarmee afhankelijk van de standaard deviaties van de varianten in de betreffende periode. Dit komt overeen met de basisprincipes in de literatuur [9]. Een parameterwaarde van 6 per type voor de basis-veiligheidsvoorraad is een waarde die overeenkomt met een net haalbare planning bij gebruik van de benodigde voorraad volgens paragraaf 5.6. Op basis van de praktijk kan deze waarde aangepast worden. Tevens is het mogelijk om deze waarde te variëren over de types, zo kan een type met een relatief langere cyclustijd een relatief hogere parameter krijgen. Een lagere periode betekent immers meer onzekerheid [9].

Het effect van een wijziging is direct zichtbaar. Het model kent inputbeveiligingen, zo levert het geen of meer dan één type per week kiezen een foutmelding op die stelt dat er maar één type per week kan worden gekozen.

Het model ondersteunt verschillende heuristieken voor de planning. Zo kan via een vaste cyclus gewerkt worden of bijvoorbeeld met de Run-out time per type. Bij het werken met de Run-out time wordt telkens het type gekozen dat als eerste een foutmelding genereert in de toekomst. Middels trial-and-error is gebleken dat het handiger is om eerst de types met relatief weinig afzet te plannen, daarna de types met relatief veel afzet en dan te iteratief de foutmeldingen te voorkomen.

De mogelijkheid voor het doorvoeren van een budgetwijziging is aanwezig. Hierbij hoeft enkel aangegeven te worden hoeveel weken er voorbij zijn, wat de gerealiseerde afzet is, wat de nieuwe beginvoorraden zijn en wat het nieuwe budget is. Tevens kan dan de verhouding over de types en/of de seizoenscoëfficiënten aangepast worden. De vraagvoorspelling binnen het model wordt automatisch aangepast zodat er voor de resterende perioden die vraag voorspeld wordt zodanig dat de totale jaarvraag gelijk is aan het nieuwe budget. In het planningscherm zijn direct de gevolgen te zien van de budgetwijziging.

Hoofdstuk 9: Conclusies en aanbevelingen

In dit laatste hoofdstuk komen eerst de conclusies aan bod en in de tweede paragraaf de aanbevelingen.

9.1 Conclusies

Conclusie 1: De capaciteit is beperkt door de koppelingen in de lijn

Op meerdere plaatsen wordt in het verslag gesproken over de relatieve overcapaciteit van Lingl-lijn ten opzichte van de Lingl-oven. Deze overcapaciteit is gekwantificeerd in bijlage 8. De koppelingen in de lijn zijn de boosdoener, bij elke storing in de lijn staat de hele lijn stil inclusief de belading en de ontlading bij de oven. Het gemiddelde rendement van de lijn is niet voldoende om de capaciteit van de oven volledig te benutten. Om een redelijk stabiel schuiftempo in de oven te bereiken wordt gewerkt met een maximum schuiftempo. Dit maximum schuiftempo van de oven is een kunstmatige bottleneck in de lijn. De capaciteit van de oven is groter, maar door de koppelingen in de lijn moet deze kunstmatige bottleneck gebruikt worden.

Conclusie 2: Er zou meer voorraad nodig zijn dan werd aangenomen

Indien dezelfde waarden voor de sturingsvariabelen gebruikt worden is de benodigde voorraad voor de huidige situatie meer dan een miljoen pannen hoger dan voor de situatie in 2004 met slechts drie types. Lafarge Roofing Benelux B.V. had dit niet voorzien en ook niet meegenomen in het budget voor de locatie Tegelen. Door de ombouwfrequentie te verhogen kan het budget voor de voorraad wel gehaald worden.

Conclusie 3: Vaker ombouwen is gunstig

Uit het onderzoek naar de effecten van het verhogen van de ombouwfrequentie ten opzichte van de voorraadkosten blijkt dat vaker ombouwen gunstig is. In het verleden werd elk type gemiddeld meer dan vier weken achtereen geproduceerd. Voor 2005 ligt dit gemiddelde net boven de drie weken. Uit de resultaten blijkt dat twee weken achtereen produceren per type nog bijna € 60.000,- op jaarbasis kan besparen. Hierbij is ook een groot commercieel voordeel te verwachten omdat de cyclustijd korter wordt waardoor de totale herbevoorradingstijd korter wordt.

Conclusie 4: De hiërarchie in de planning is gepast

De hiërarchie in de planning om eerst de types in te plannen is gepast. Het veranderen van het type bepaalt de ombouwkosten en niet het veranderen van de kleur. In de voor de praktijk ontworpen planningstool is deze hiërarchie dan ook het uitgangspunt.

9.2 Aanbevelingen

Aanbeveling 1: Onderzoek het mogelijke effect van ontkoppelen

Momenteel is de productiecapaciteit beperkt doordat niet voldoende lijnrendement wordt gehaald. Het lijnrendement wordt direct beïnvloed door elke storing in de lijn, door de koppelingen betekent elke storing stilstand van de gehele lijn. Het maximum schuiftempo van de oven is nodig vanwege deze koppelingen en beperkt het rendement. De aanbeveling in deze is om onderzoek te doen naar de mogelijkheden tot ontkoppelen. Indien koppelingen kunnen worden doorbroken (met behulp van buffers), dan kan tijdig het schuiftempo van de oven worden aangepast aan het behaalde rendement. Door de mogelijkheid tot het tijdig aanpassen van het schuiftempo kan een hoger maximum schuiftempo gebruikt worden. Door het ontkoppelen en het gebruik van een hoger maximum schuiftempo kan het lijnrendement toenemen.

Aanbeveling 2: Verken de grenzen van de capaciteit van de lijn

Dubbelschuiven, het opnieuw bakken van gereed product om de oven gevuld te houden, wordt zeer succesvol voorkomen. Het voorkomen van crisissituaties bij de oven kan echter suboptimaal zijn. Het is denkbaar dat de kosten van het sporadisch moeten dubbelschuiven kleiner zijn dan de kosten van het capaciteitsverlies als gevolg van het voorkomen van dubbelschuiven. Het advies in deze is om als experiment hogere schuiftempo's in te stellen dan het huidige maximum schuiftempo en de gevolgen af te wegen..

Aanbeveling 3: Verhoog de ombouwfrequentie

In samenhang met conclusie 3 is het advies om de minimum type-seriegrootte op twee weken te stellen om zo nog bijna € 60.000,- te besparen op de situatie met een minimum type-seriegrootte van drie weken.

Het onderscheid tussen doelstellingen, werkelijkheid en budgetten

Tot slot een aandachtspunt. Lafarge Roofing Benelux B.V. maakt in sterke mate gebruik van budgetten voor het aansturen van de organisatie. Behalve dat dit door de medewerkers niet altijd gewaardeerd wordt heeft dit geleid tot onduidelijkheid in SAP. De verschillen tussen de doelstellingen, werkelijkheid en budgetten zijn vervaagd. Het gebruik van een informatiesysteem waarin deze verschillen onduidelijk zijn is niet altijd handig, zeker wat betreft de planning. De aanbeveling in deze is, zeker voor de huidige situatie waarin kennis van SAP schaars is, om te voorkomen dat SAP een brei wordt van de doelstellingen, de werkelijkheid en de budgetten.

Literatuuroverzicht

- [01] De folder: Facts and Figures van Lafarge versie 2003
- [02] De folder: Facts and Figures van Lafarge Roofing niet gedateerd
- [03] De Industriemonitor op de website van het Centraal Bureau voor de Statistiek, <http://www.cbs.nl/nl/publicaties/publicaties/bedrijfsleven/industrie/industriemonitor/realisatie/realisaties-h.htm> geraadpleegd op 18-01-2005
- [04] De website van het Centraal Bureau voor de Statistiek, www.cbs.nl. geraadpleegd op 28-06-2004
- [05] Managementteam Lafarge Dakproducten Tegelen (2004) *Strategic review Lafarge Dakproducten Tegelen*. Tegelen, Lafarge Dakproducten Tegelen.
- [06] Kok, A.G. de (februari 2002) *Handout bij het vak Goederenstroombeheersing* Eindhoven, A.G. de Kok (digitale versie)
- [07] Bertrand, J.W.M., J.C. Wortmann, en J. Wijngaard (1998) *Productiebeheersing en Material Management* Houten, Educatieve Partners Nederland
- [08] Hopp, Wallace J. en Mark L. Spearman (2001) *Factory Physics* London, Irwing McGraw-Hill.
- [09] Silver, Edward A., David F. Pyke en Rein Peterson (1998) *Inventory Management and Production Planning and Scheduling* New York, John Wiley & Sons Inc.
- [10] Groover, Mikell P. (1996) *Fundamentals of Modern Manufacturing*. New York, Wiley
- [11] Fransoo, Jan C. en Werner G.M.M. Rutten (1993) *A Typology of Production Control Situations in Process Industries*. Research Report TUE/BDK/LBS/93-02. Eindhoven, Technische Universiteit Eindhoven.
- [12] Taylor, S.G., S.M. Sewart en S.F. Bolander (1981) *Why the Process Industries Are Different*. Production and Inventory Management Journal, Vol. 22 No. 4, blz. 9-24.
- [13] Fransoo, Jan C., V. Shridharan en J. Will M. Bertrand (1992) *An Improved Heuristic for Long-term Planning in a Hierarchical Model with Cyclical Schedules*. Research Report TUE/BDK/LBS/92-09 Eindhoven, Technische Universiteit Eindhoven.
- [14] Fransoo, Jan C. (1993) *Production Control and Demand Management in Capacitated Flow Process Industries*. Proefschrift. Eindhoven, Technische Universiteit Eindhoven.
- [15] Fransoo, Jan C., V. Shridharan en J. Will M. Bertrand (1995) *A Hierarchical Approach for Capacity Coordination in Multiple Products Single-machine Production Systems with Stationary Stochastic Demands*. European Journal of Operations Research, Vol. 86, blz. 57-72.

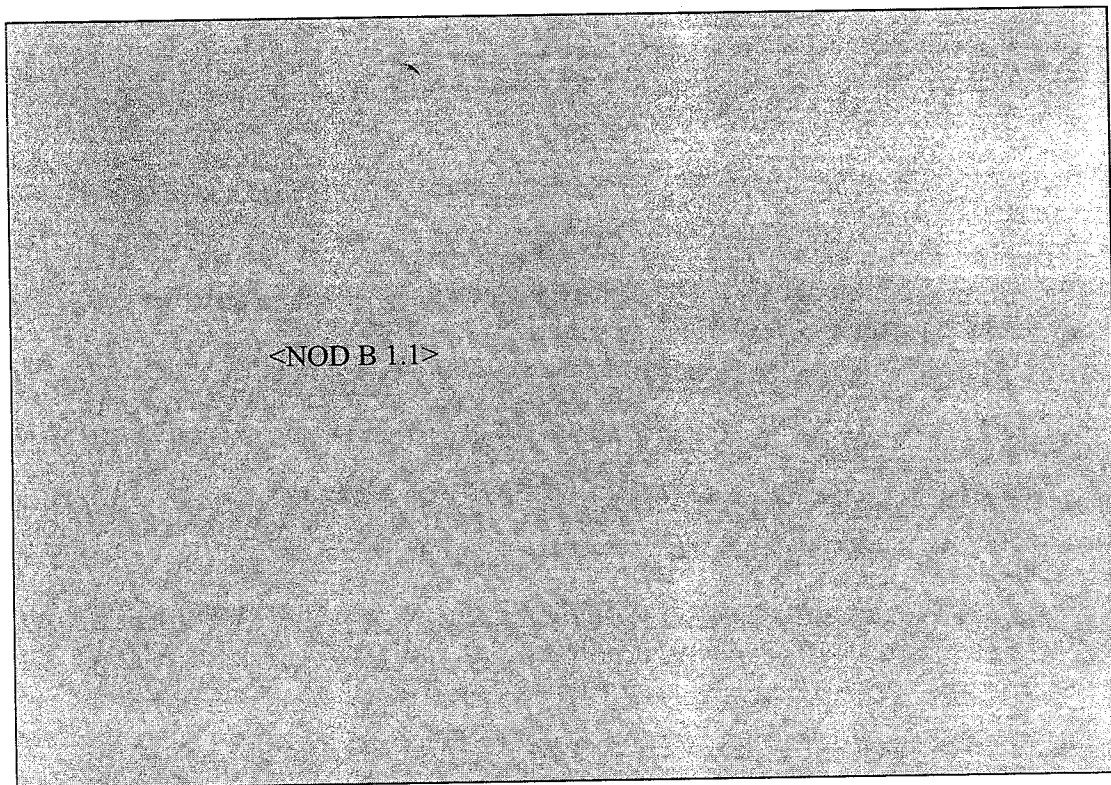
-
- [16] Doll, C.L. en D.C. Whybark (1973) *An Iterative Procedure for the Single-Machine Multi-Product Lot Scheduling Problem*. Management Science, Vol 20, blz. 50-55.
- [17] Leachman, R.C. en A. Gascon (1988) *A Heuristic Scheduling Policy for Multi-item, Single-machine Production Systems with Time-varying, Stochastic Demands*. Management Science, Vol. 37, 1988, blz. 377-390.
- [18] Fransoo, J.C. (1992) *Demand Management and Production Control in Process Industries*. International Journal of Operations & Production Management Vol. 12, blz. 187-196.
- [19] Hsieh, Sheng-Jen (2002) *Hybrid analytic and simulation models for assembly line design and production planning*. Simulation Modelling Practice and Theory Vol. 10 blz. 87-108
- [20] Banks, J., J.S. Carson, B.L. Nelson en D.M. Nicol (2001) *Discrete Event System Simulation*. Upper Saddle River NJ, USA, Prentice-Hall.
- [21] Liman, S (2001) *Simulation of Operational Processes* Dictaat. Eindhoven, Technische Universiteit Eindhoven.
- [22] Law, Averill M. en W. David Kelton (2000) *Simulation Modeling and Analysis*. New York, Mc. Graw Hill.
- [23] Laumans, Harry en Jan van den Brink (2004) *KPM Stage 3, Feasibility Study, Marketing Brief: Marketing Plan 04.045 Project OVH+ / FD+ modulair*. Montfoort, Lafarge Roofing Benelux B.V.
- [24] Bertrand, J.W.M., J.C. Wortmann, en J. Wijngaard (1990) *Production Control. A structural and design oriented approach* Elsevier

Bijlagen

Bijlage 1: De positionering van Lafarge op de zakelijke dakpannenmarkt

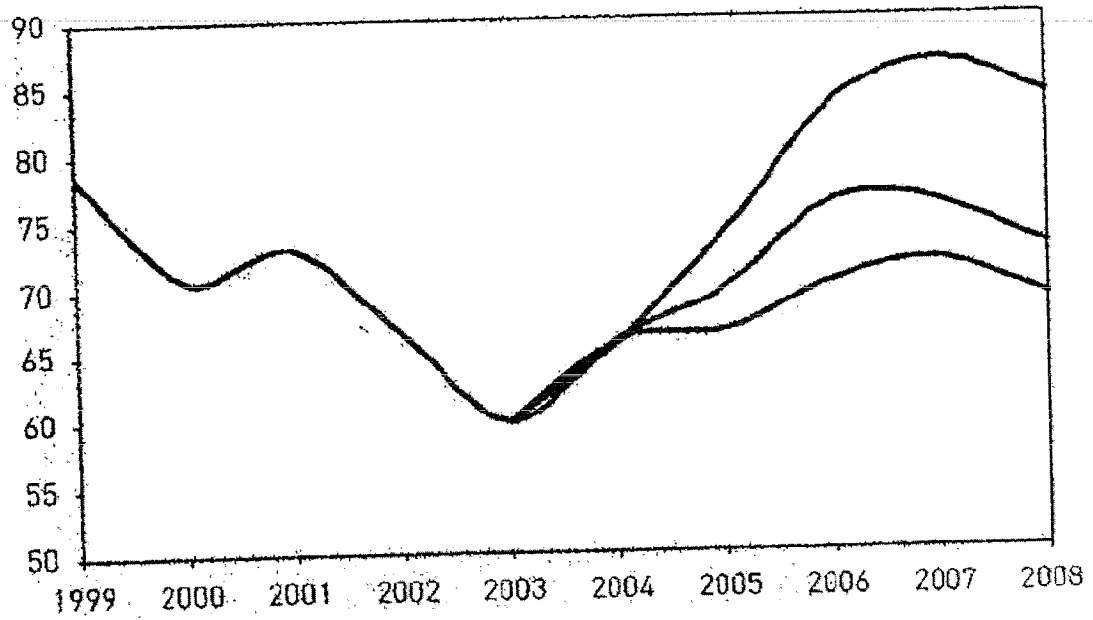
De onderstaande portfolioanalyse [23] is van toepassing op de zakelijke markt van de Benelux. In deze markt staat het leiderschap van Lafarge Roofing Benelux B.V. onder druk, dit is in lijn met onderstaande portfolioanalyse. In de analyse is te zien dat de concurrenten producten bieden met eenzelfde quality/image score tegen een lagere prijs per m² en dat deze producten meer afzet kennen. Het oppervlakte van de cirkels in de figuur geeft de afzet weer, de rode cirkels zijn producten van concurrenten en de groene cirkels zijn producten van Lafarge.

Lafarge Roofing heeft besloten dat het grotere type OVH+ in Tegelen geproduceerd kan gaan worden, dit is goedkoper dan importeren uit Duitsland en deze pannen zullen goedkoper worden aangeboden op de markt. Lafarge Roofing Benelux B.V. hoopt zo marktaandeel terug te kunnen winnen.



Bijlage 2: Voorspelling voor de woningbouw in Nederland

In onderstaande figuur is de voorspelling van de woningbouw in Nederland door het Centraal Bureau voor de Statistiek overgenomen. Drie scenario's zijn ingetekend, deze variëren van een herstel van de woningbouw tot een forse groei.

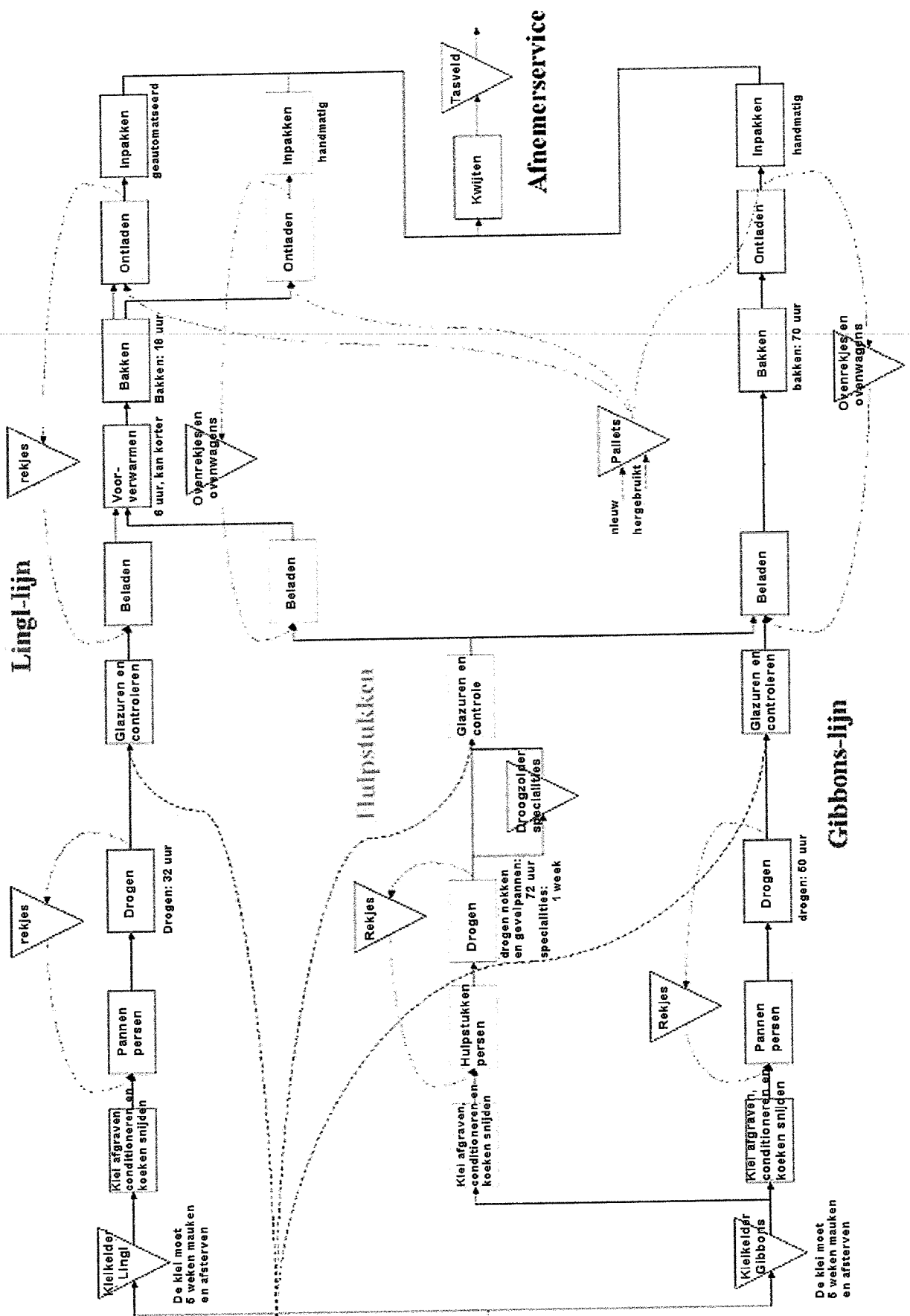


Bron: CBS, Nationale Rekeningen, TNO Inro

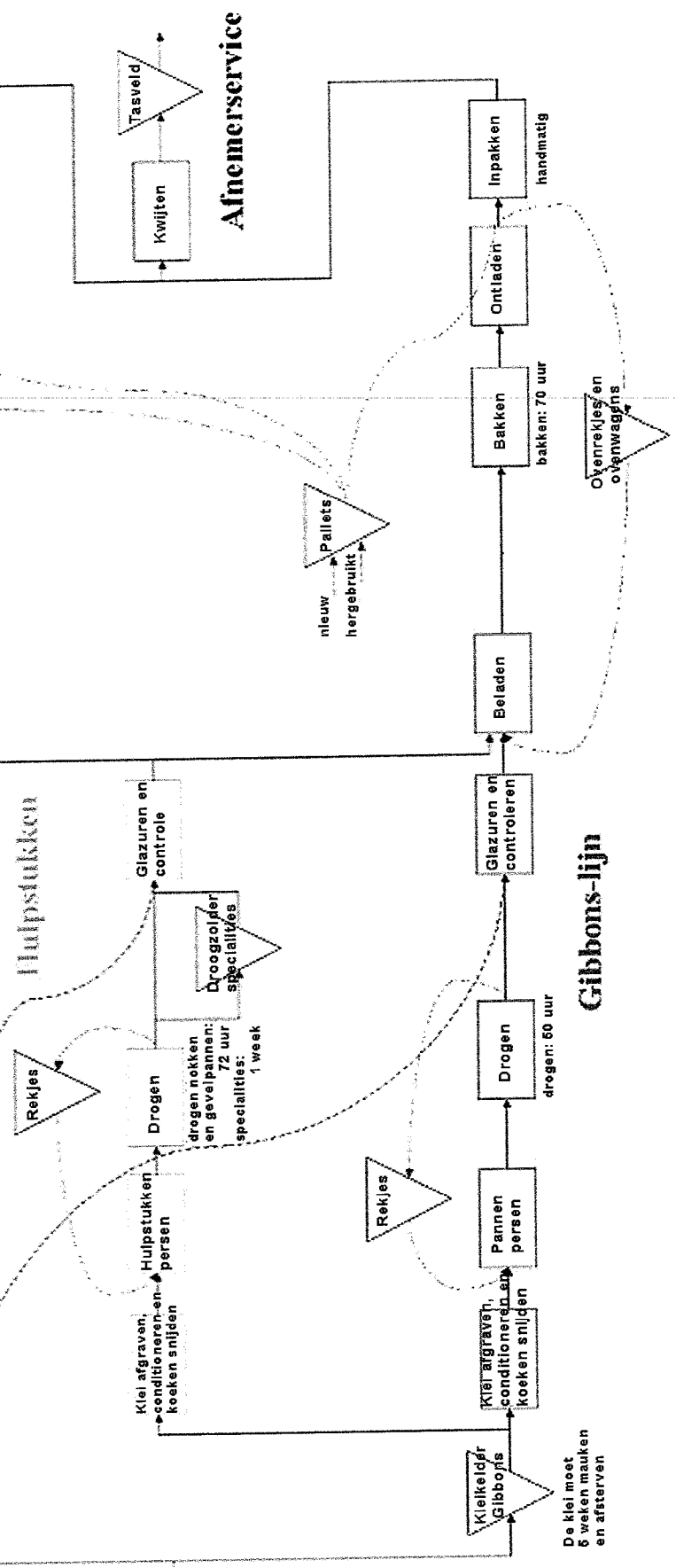
Bijlage 3: Schematische weergave van de productielocatie Tegelen

Omwille de duidelijkheid staat deze figuur op de volgende bladzijde. Om de figuur enigszins overzichtelijk te houden zijn sommige processtappen samengevoegd, zo is bijvoorbeeld het afsnijden van de randen na het persen gecombineerd met het persen. Dit wil niet zeggen dat de weergegeven processtappen niet verder te clusteren zijn.

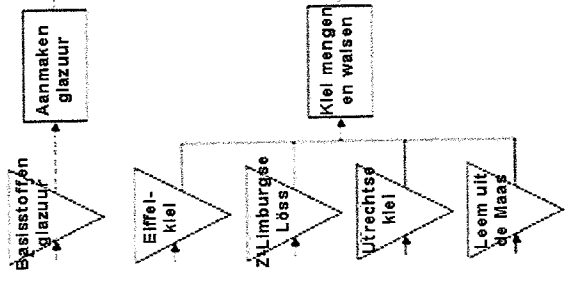
Lingl-lijn



Hulpstukken



Gibbons-lijn



De klei moet 6 weken maaken en afsterven

De klei moet 6 weken maaken en afsterven

Bijlage 4: Basisstoffen voor glazuren & engobes

In de onderstaande tabel is weergegeven welke basisstoffen voor welke glazuur of engobe benodigd zijn en in welke verhouding. De levertijd van deze basisstoffen varieert van twee tot zeven weken. Indien een planningshorizon van minder dan zeven weken wordt gehanteerd dan zijn er twee opties. De eerste optie is het bedingen van kortere levertijden. De tweede optie is om voorraden van de basisstoffen aan te leggen.

Grondstof	Blauw	Bruin	ExDoBr	Gitzw	Indigo	LiBr	Paars	Wijnr	ZwEv	ZwMv	BrEng	BrEnSp	KopEng	RdEng	ZwEng
WATER	350,0	350,0	350,0	280,0	315,0	315,0	315,0	350,0	420,0	315,0	175,0	100,00	150,0	150,0	100,0
BENTONE EW	2,80	2,80	3,50	1,40	2,80		1,40	2,80	2,80	2,80					
DOLAPIX PC67	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	1,40	2,10					
NOVAL K23	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35				0,20	
PEPTAPON 9	1,40	1,40	1,40	1,75	0,70	0,70	1,40	2,10	1,05	2,10	0,10	0,08			0,40
TYLOSE C300					0,70										
PEPTAPON 316															
BASIS IMLN55706	700,0	700,0	630,0		700,0			700,0							
BASIS MA 2821 / C						700,0	700,0	700,0							
BASIS CP 0719 / 04				700,0						700,0					
FLUX IMLN10202			70,0												700,0
BASIS CP 0987 / 04															
KLEI FT - A	70,0	70,0				70,0	70,0	70,0	70,0						
KLEI FT - RA			70,0												
KLEI RM 966					70,0										
BRUINSTEEN										95,9					
IJZEROXIDE 140		24,5	70,0	42,0			14,0	91,0							
IJZEROXIDE 222			7,0				21,0								
CT 1104															
CT 1301															
CT 1502	43,4			28,0	33,6		0,4		7,0	3,5					
CT 1701 / S	4,9				2,1					33,6					
TINYOXIDE	22,4														
ZIRKONOSILICAAT								35,0							
ENGOBE 8159											125,0				
ENGOBE 50												50,0			
KUPFER T													100,0		
ENGOBE 208														125,0	
ENGOBE TG 33															100,0

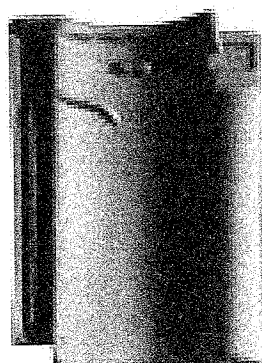
Bijlage 5: De varianten op de Linglijn

Een variant is gedefinieerd als een bepaald type pan in een bepaalde kleur. Het type OVH+ is het nieuwe type dat in 2005 is geïntroduceerd om het verloren marktaandeel terug te winnen. Inmiddels is gekozen voor de aanduiding *De Nieuwe Hollander* voor dit type, in dit verslag wordt echter nog gebruik gemaakt van de aanduiding OVH+. In totaal kunnen er zeventien kleuren worden aangebracht en tevens bestaat de variant natuurrood. De variant natuurrood is niet gekleurd, dit is de natuurlijke kleur van de gebakken klei.

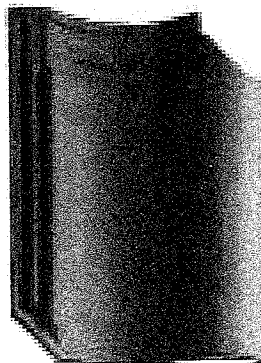
In bovenstaande tabel is een overzicht van de varianten van pannen op de Linglijn gegeven. De nummers in de tabel zijn de artikelnummers binnen het informatiesysteem SAP van Lafarge Roofing Benelux B.V.

Kleur	Type			
	Verbeterde Holle	Opnieuw Verbeterde Holle	Renova	OVH+
Natuurrood	16041	16518	18724	25219
Bruin Engobe	16070*	16549		
Donker Rustiek Engobe	16155	16611		
Herfstkleur Engobe	16184	16641	18725	
Koperrood Engobe		18642	20194	
Rood Engobe		22981		
Rood Rustiek Engobe		22934		
Zwart Engobe			20264	25250
Indigo Mat Verglaasd	23134			
Zwart Mat Verglaasd	16258	16676	18726	
Blauw Glanzend Verglaasd	16464	16803*		
Bruin Glanzend Verglaasd	16320*			
Extra Donkerbruin G. Verglaasd	16349	16708		
Lichtbruin Glanzend Verglaasd	16291			
Paars Glanzend Verglaasd	16434			
Wijnrood Glanzend Verglaasd	16377	16739	23894	
Zwart Glanzend Verglaasd	16405			
Gitzwart Verglaasd	21974	21054	20644	25234

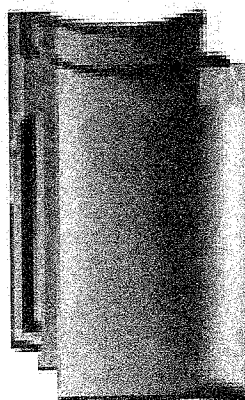
* zit voor 2005 niet meer in het reguliere aanbod



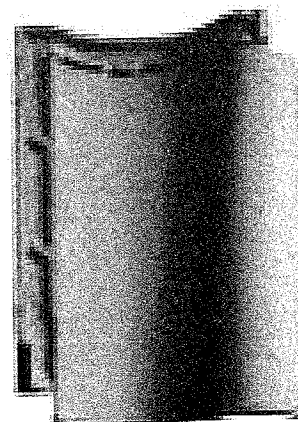
Verbeterde Holle
(VH)



Opnieuw Verbeterde
Holle (OVH)



Renovatiepan
(RENOVA)



De Nieuwe Hollander
(OVH+)

Bijlage 6: Smetmatrix voor wisselen van kleur bij de Linglijn

Niet elke overgang van kleur naar kleur is mogelijk vanwege smet. Smet is een verschijnsel dat in de oven optreedt als een wolk van glazuurdampen in de oven hangt terwijl daar product doorgeschoven wordt dat gevoelig is voor deze glazuurdampen. Smet leidt tot kleurverschillen.

De overgangen die problemen geven zijn gearceerd in de onderstaande matrix. Deze matrix is niet symmetrisch, de oven kent namelijk een schuifrichting.

KLEUR PAN INGAAND	AL IN OVEN														
	Rode scherf	Rood	Engobe op rode scherf	Bruin Eng.	Donker Rustiek	Herfstkleur	Koperrood Eng.	Rood Eng.	Rood Rustiek	Zwart Eng.	Mat verglaasd op rode scherf	Indigo MV	Zwart MV	Glanzend verglaasd op rode scherf	
Rode scherf															
Rood															
Engobe op rode scherf															
Bruin Eng.															
Donker Rustiek															
Herfstkleur															
Koperrood Eng.															
Rood Eng.															
Rood Rustiek															
Zwart Eng.															
Mat verglaasd op rode scherf															
Indigo MV															
Zwart MV															
Glanzend verglaasd op rode scherf															
Blaauw GV															
Bruin GV															
Extra Donker Bruin GV															
Licht Bruin GV															
Paars GV															
Wijnrood GV															
Zwart GV															
Verglaasd op rode scherf															
Gitzwart Vergl.															
Verlaasd op rode scherf															
Zwart GV															
Wijnrood GV															
Paars GV															
Lichtbruin GV															
Extra Donkerbruin GV															
Bruin GV															
Blaauw GV															
Glanzend Vergl. op rode scherf															
Zwart MV (smet behoorlijk)															
Indigo MV (smet extreem)															
Mat Verlaasd op rode scherf															
Zwart Eng.															
Rood Rustiek															
Rood Eng.															
Koperrood Eng.															
Herfstkleur															
Donker Rustiek															
Bruin Eng.															
Engobe op rode scherf															
Rood															
Rode scherf															
Verlaasd op rode scherf															
Zwart MV (smet)															
Gitzwart Vergl. (smet)															

Bijlage 7: Het Lingl-ovensysteem

Deze bijlage vormt een aanvulling op paragraaf 2.2 en gaat dieper in op het Lingl-ovensysteem.

Het Lingl-ovensysteem is op de volgende bladzijde weergegeven. Hieronder zal het systeem worden doorlopen.

De Linglijn (spoor 4) en de Hulpstukkenlijn (spoor 5) hebben hun eigen specifieke belading en ontladingmachines. De belading- en ontladingmachines is gekoppeld, er bestaat een buffer van ovenrekjes tussen deze machines voor zo'n 10 minuten om te voorkomen dat bij een kleine storing beide machines van een lijn uitvallen.

Nadat ovenwagens beladen zijn met rauw product worden deze in de wacht gezet op spoor 4 of 5 om te worden voorverwarmd. Omdat de oven 24 uur per dag produceert en de belading en ontlading 's nachts stilligt worden deze sporen tevens gebruikt om een buffer aan te leggen voor de nacht om te voorkomen dat de voorgloeizone leeggezogen wordt door de oven.

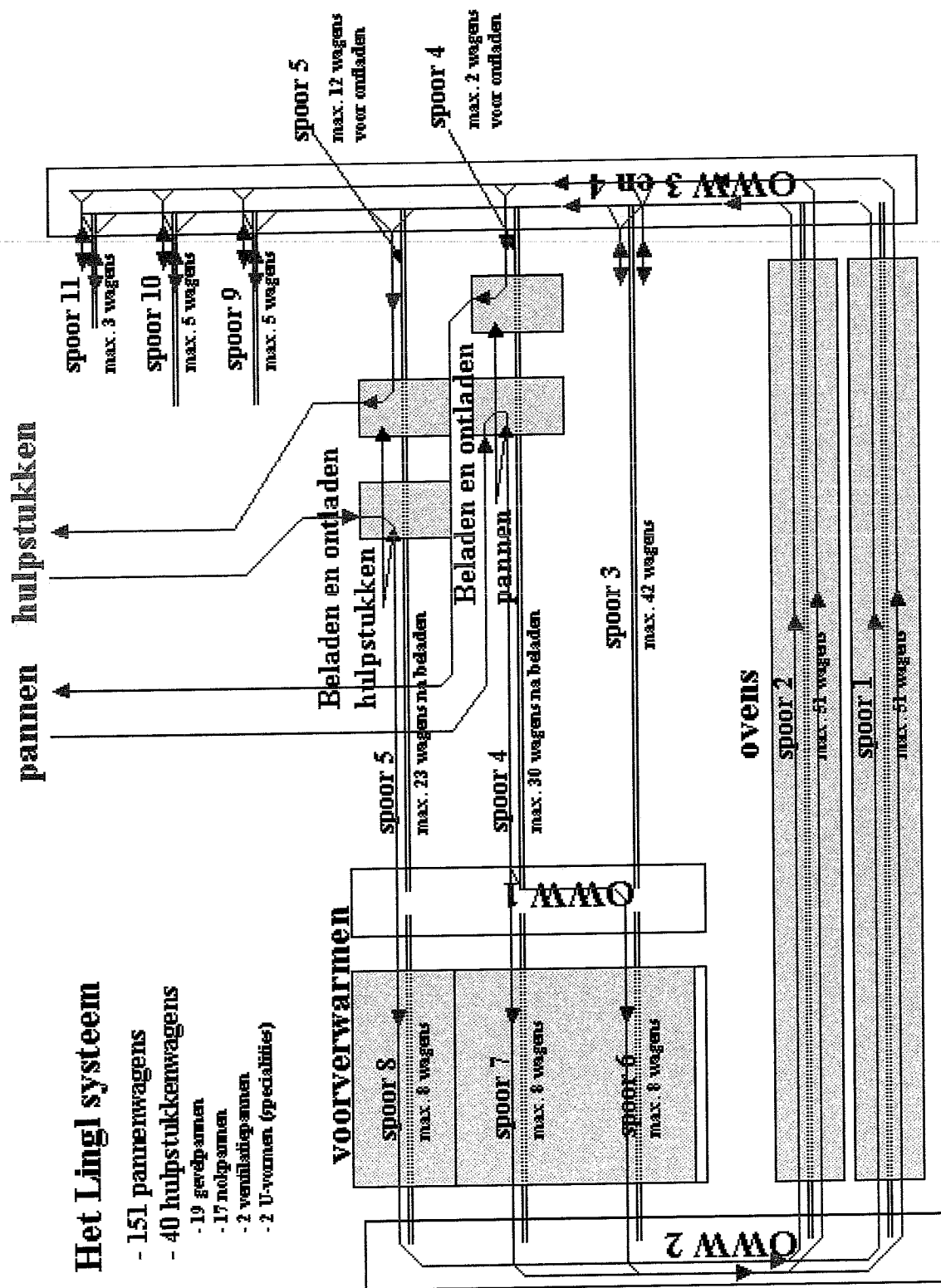
Ovenwagens met hulpstukken worden altijd voorverwarmd op spoor 8, ovenwagens met pannen op spoor 6 of 7. Ovenwagen-wagen²² 1 haalt de wagens van spoor 4 en 5 en zet deze op spoor 6, 7 of 8. Tevens kan deze ovenwagen-wagen wagens met al gebakken product van spoor 3 pakken om de ovensporen 1 en 2 mee te vullen indien de voorgloeizone leeggezogen is. De producten op deze wagens worden dan nogmaals gebakken. Dit probeert men in de praktijk te voorkomen door het schuiftempo van de ovens tijdig te verlagen indien mogelijk als de aanvoer van rauw product kritisch is (als gevolg van storingen eerder in de lijn of bij de beladingmachine). Het nogmaals bakken van al gebakken product heeft kwaliteitsproblemen zoals kleurverschillen en extra breuk. Dit leidt tot extra uitval en/of een WBS partij²³. Dit effect wordt in het bedrijfsjargon "dubbelschuiven" genoemd en treed enkele malen per jaar op. Het leegzuigen van de voorverwarmzone heeft ook negatieve gevolgen, de wagens met rauw product die in een niet gevulde voorverwarmzone komen zullen daar sneller dan gewenst weer uit worden genomen om naar ovenspoor 1 of 2 te gaan. Het minder lang verblijven in de voorverwarmzone lijdt tot extra breuk.

Spoor 1 en 2 vormen de oven. De oven werkt met een doorschuifstelsel, voor elke wagen die spoor 1 of 2 verlaat moet er een wagen door ovenwagen-wagen 2 een wagen op dat spoor worden bijgezet. Het schuiftempo wordt ingegeven in het lingl-computersysteem. Hieraan zit een maximum en een minimum.

Het maximum aan het schuiftempo, <NOD B 7.1> ovenwagens per dag per ovenspoor, is ten eerste beperkt door de capaciteit van de Linglijn. Deze capaciteit van de belading wordt beïnvloed door storingen bij de belading, storingen bij de ontlading, storingen bij het persen en storingen bij het inpakken. In bijlage 8 wordt op de capaciteit ingegaan. De overcapaciteit in de Linglijn is in principe voldoende om kleine storingen of het ombouwen op te kunnen vangen bij het schuiftempo van <NOD B 7.1> wagens per dag. Het opvangen van de stilstand bij het omstellen gebeurt door tijdig een buffer te creëren van ovenwagens met rauw product. Dit is maar in zeer beperkte mate mogelijk vanwege de beschikbare rangeerruimte en het vaste aantal wagens

²² Ovenwagen-wagens zijn door het Lingl-computersysteem aangestuurde wagens die de ovenwagens kunnen verplaatsen van het ene spoor naar het ander spoor.

²³ WBS staat voor woningbouwstichting, WBS partijen zijn producten die technisch goed zijn maar een kleurafwijking hebben waardoor ze niet meer voor de normale prijs verhandeld kunnen worden. Deze pannen kunnen bijvoorbeeld door een Woningbouwstichting gebruikt worden in een renovatieproject.



Het Lingl systeem

- 151 pannenwagens
- 40 hulpstukkenwagens
 - 19 gerep-annen.
 - 17 molp-annen.
 - 2 ventilatiep-annen.
 - 2 U-vormen (specialities)

Figuur 11: De layout van het Lingl-systeem, de verdeling van de 191 wagens is gedateerd op oktober 2004. In december 2004 zijn de 17 hulpstukkenwagens voor nokpannen omgebouwd tot voornamelijk pannenwagens

in het systeem. Bij een combinatie van storingen en ombouwen of een combinatie van storingen / één grote storing zal het schuiftempo van de oven wel omlaag moeten en dit leidt tot capaciteitsverlies in de lijn. De capaciteit van de Linglijn is ook wat flexibel door inzet van de 'vliegende keep'. Een 'vliegende keep' is een extra lid in de ploeg die alle machines kan bedienen. Hierdoor wordt het mogelijk om in plaats van iedereen gelijktijdig pauze te geven, waarbij de lijn stilstaat, de ploegleden na elkaar pauze te geven en zo stilstand in de pauzetijden te voorkomen.

Het maximum aan het schuiftempo is ten tweede beperkt door het ovenstelsel. Er zijn te weinig ovenwagens om grotere buffers op te bouwen met ovenwagens rauw product om de nachtperiode door te komen, waarbij er rekening mee wordt gehouden dat er een storing van meerdere uren 's ochtends kan zijn. Tevens is er te weinig ruimte beschikbaar tussen de belading en de oven om meer ovenwagens kwijt te kunnen.

Het minimum wordt vereist vanwege de glazuur. De glazuur moet lang genoeg op een voldoende hoge temperatuur geweest zijn. De oven is niet op alle plaatsen even heet, dit om het verschil met de omgevingstemperatuur bij de in- en uitgang niet te groot te laten worden. Het Lingl-computersysteem past de temperatuur in de oven aan aan het schuiftempo. Bij een te laag schuiftempo is er niet voldoende lang de vereiste temperatuur om de pannen te verglazen. Het niet aanpassen van de oventemperatuur aan het schuiftempo zou ook problemen geven met de chemische processen en tot extra breuk, uitval en/of WBS partijen leiden. Bij niet gekleurde pannen komt de relatie van schuiftempo en oventemperatuur minder kritisch, Natuurrood kan wel geproduceerd worden bij een lager schuiftempo, natuurrood kan nog tot 75% van het normale schuiftempo. Dit is echter ook niet zonder risico op extra breuk en kleurverschillen (ook bij natuurrood kunnen kleurverschillen optreden als gevolg van het bakproces).

Bij het stilleggen van de oven wordt natuurrood geproduceerd, in de zomer zijn de ovens gevuld met natuurrode pannen terwijl de productie stilligt. Deze pannen zijn dan ook iets anders van kleur als ze de oven uitkomen, maar nog wel normaal verkoopbaar.

Op de ovensporen 1 en 2 worden de ovenwagens met pannen en de ovenwagens met hulpstukken in een vaste verhouding doorgeschoven, dat wil zeggen dat er na 6 tot 10 wagens pannen een wagen hulpstukken komt. De plannings voor de Hulpstukkenlijn en de Linglijn moeten dus afgestemd zijn om smet van de pannen en/of de hulpstukken te voorkomen.

De sporen 9, 10 en 11 zijn rangeersporen. Deze sporen worden gebruikt om te zorgen dat de wagens met hulpstukken op spoor 5 terecht komen en de wagens met pannen op spoor 4. Verder is deze rangeercapaciteit bedoeld om de series van pannenvarianten na elkaar bij de ontlading te krijgen zodat de verpakkingsmachine maar één keer omgesteld hoeft te worden. Hier is enige rangeerruimte voor nodig omdat voor spoor 3 een First In Last Out principe geldt, de wagens moeten aan dezelfde kant worden weggehaald als dat ze geplaatst worden door ovenwagen-wagen 3 of 4 (deze rijden op hetzelfde spoor). Als de eerste wagens met een nieuwe variant komen dan moeten deze dus niet op spoor 3 terechtkomen voordat spoor 3 leeg is bijvoorbeeld om extra omstellen van de verpakkingsmachine te voorkomen.

Bijlage 8: Capaciteitsberekening Linglijn

In deze bijlage wordt een capaciteitsberekening voor de Linglijn gegeven waarbij tevens wordt berekend hoe hoog het lijnrendement moet zijn om de als maximaal geziene capaciteit van de oven te benutten.

1. Capaciteit Linglijn (exclusief oven)

In de Linglijn is de pers de bottleneck. De viervoudige pers kan, afhankelijk van het type pan, <NOD B 8.1> slagen per minuut maken. Hierbij geldt dat hoe groter het type is, hoe minder slagen er per minuut gemaakt kunnen worden. De pers wordt (zonder inzet van een vliegende keep) 17 uur per dag bemand (8 uur door de ochtendploeg en 9 uur door de avondploeg) en dat 7 dagen in de week. Per dag kunnen dan <NOD B 8.1> slagen per minuut * 4 pannen per slag * 60 minuten per uur * 17 uur per dag = <NOD B 8.2> pannen per dag geperst worden zonder rekening te houden met breuk en zonder inzet van een vliegende keep. Een vliegende keep is een teamlid dat alle machines kan bedienen en daardoor ingezet kan worden om achtereenvolgens de pauzes van de ploegleden over te nemen zodat de productietijd per ploeg met een half uur toeneemt.

2. Capaciteit Lingl-oven voor de Linglijn

De Lingl-oven bestaat uit twee ovens. Voor deze ovens is een schuiftempo ingesteld, het schuiftempo is het aantal ovenwagens per dag per oven dat door de oven gaat. Het betreft hier het totaal van ovenwagens met hulpstukken van de Hulpstukkenlijn en ovenwagens met pannen van de Linglijn. Het schuiftempo is in te stellen met stappen van ongeveer 5 ovenwagens per oven per dag.

Een schuiftempo van <NOD B 8.3> ovenwagens per oven per dag wordt gezien als het maximale schuiftempo. Sinds de ombouw in 2000 is echter éénmaal een schuiftempo van <NOD B 8.4> ovenwagens per oven per dag gerealiseerd, echter voor slechts enkele dagen. Technisch is een schuiftempo van <NOD B 8.5> ovenwagens per oven per dag mogelijk, de fabrikant heeft de oven voor dit schuiftempo opgeleverd. Een hoger schuiftempo betekent een kortere verblijfsduur van de pannen in de oven, om de pannen te kunnen bakken in deze kortere tijd moet de oven heter worden. Het schuiftempo van <NOD B 8.5> is echter niet haalbaar door teveel lijnstilstand waardoor niet genoeg ovenwagens ontladen en beladen kunnen worden. Het schuiftempo van <NOD B 8.4> wordt niet meer gebruikt vanwege het risico op dubbelschuiven (zie bijlage 7 voor uitleg van dit begrip).

Een schuiftempo van <NOD B 8.3> ovenwagens per dag per oven komt overeen met <NOD B 8.6> ovenwagens per dag. Voor 2005 en verder zijn daarvan 14 ovenwagens per dag voor de Hulpstukkenlijn, <NOD B 8.7> ovenwagens resteren voor de Linglijn. Deze pannenwagens hebben een capaciteit van <NOD B 8.8> pannen per ovenwagen. De als maximaal geziene capaciteit van de Lingl-oven komt daarmee overeen met <NOD B 8.7> wagens per dag * <NOD B 8.8> pannen per wagen = <NOD B 8.9> pannen per dag exclusief breuk.

3. Benodigd rendement Linglijn (exclusief oven) om de als maximaal geziene capaciteit van de Lingl-oven volledig te benutten.

Op de Lingl-lijn kunnen afhankelijk van het type <NOD B 8.2> pannen geperst worden per dag (zie punt 1 van deze bijlage). De capaciteit van de oven <NOD B 8.9> pannen per dag (zie punt twee deze bijlage, dit is de capaciteit die als maximaal wordt gezien). Dit komt erop neer dat bij een rendement van de Linglijn (exclusief oven) van $(\text{<NOD B 8.9>} / \text{<NOD B 8.2>}) = \text{<NOD B 8.10>}$ (afhankelijk van het type) de capaciteit van de oven volledig benut wordt.

4. Benodigd rendement Lingl-lijn (exclusief oven) om de normproductie per type te halen
Bij onderstaande berekeningen wordt uitgegaan van een breukpercentage van 3,5% voor alle types van de Linglijjn.

De normproductie is het aantal pannen per week dat Productie denkt en dient te realiseren.

Type	Normproductie per week	Normproductie per dag
VH	<NOD B 8.11>	
OVH		
Renova		
OVH+		

De capaciteit van de Linglijjn (exclusief oven) per type en gecorrigeerd voor de breuk (zonder het gebruik van een vliegende keep) is hieronder weergegeven.

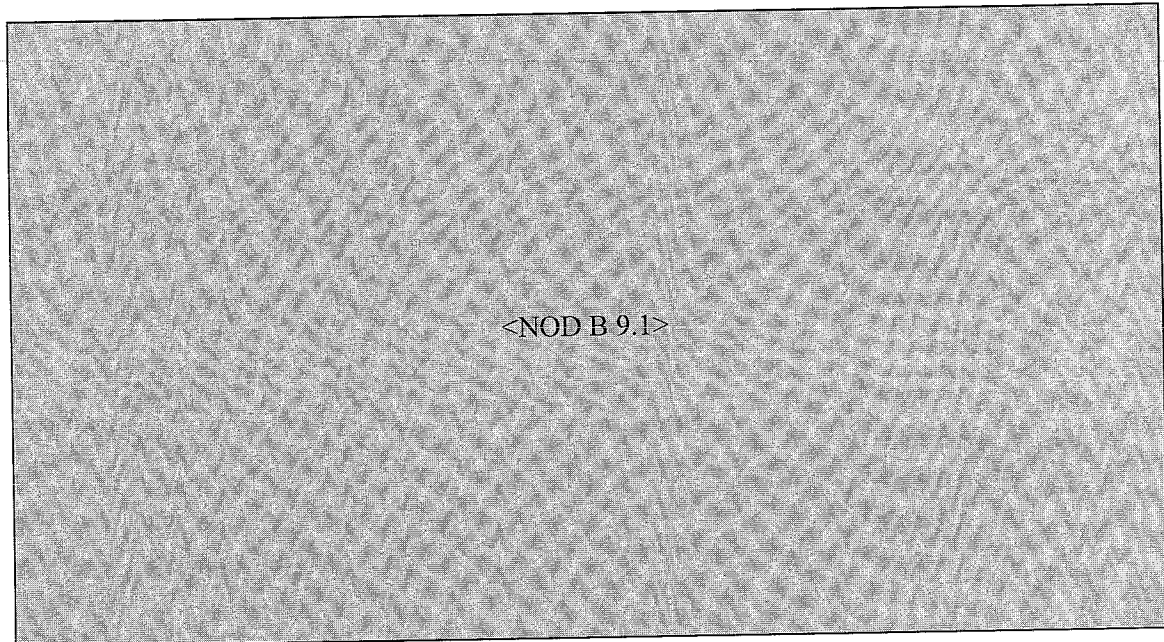
Type	Slagen per minuut	Pannen per slag	Minuten per uur	Uren per dag	Correctie voor breuk	Capaciteit per dag (Linglijjn exclusief oven)
VH	*	4	* 60	* 17 /	1,035 =	<NOD B 8.12>
OVH	*	4	* 60	* 17 /	1,035 =	
Renova	*	4	* 60	* 17 /	1,035 =	
OVH+	*	4	* 60	* 17 /	1,035 =	

Nu de Normproductie per dag en de capaciteit per dag van de lijn exclusief de oven bekend zijn wordt hieronder de het benodigde lijnrendement gegeven om de Normproductie te halen.

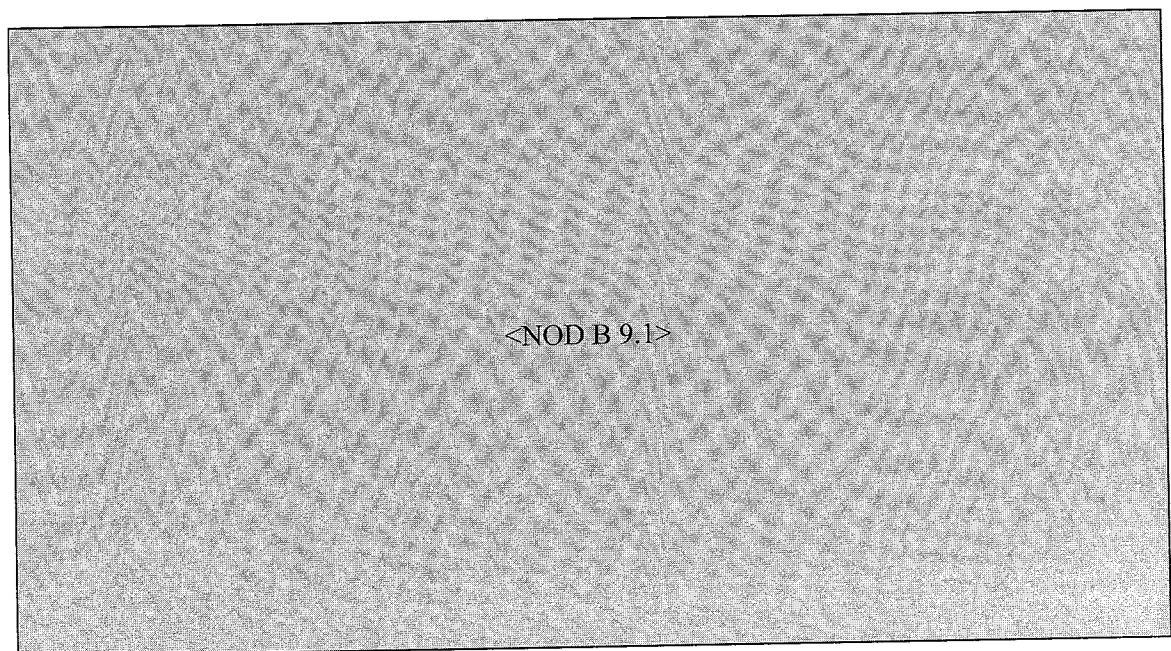
Type	Normproductie per dag	Capaciteit per dag	Benodigd lijnrendement
VH	<NOD B 8.13>		
OVH			
Renova			
OVH+			

Bijlage 9: Organisatieschema's

In deze bijlage zijn twee organisatieschema's opgenomen. Het eerste schema kent Lafarge Roofing Benelux B.V. als uitgangspunt en het tweede schema de productielocatie Tegelen.



Figuur 12: Organisatieschema Lafarge Roofing Benelux B.V.



Figuur 13: Organisatieschema Tegelen

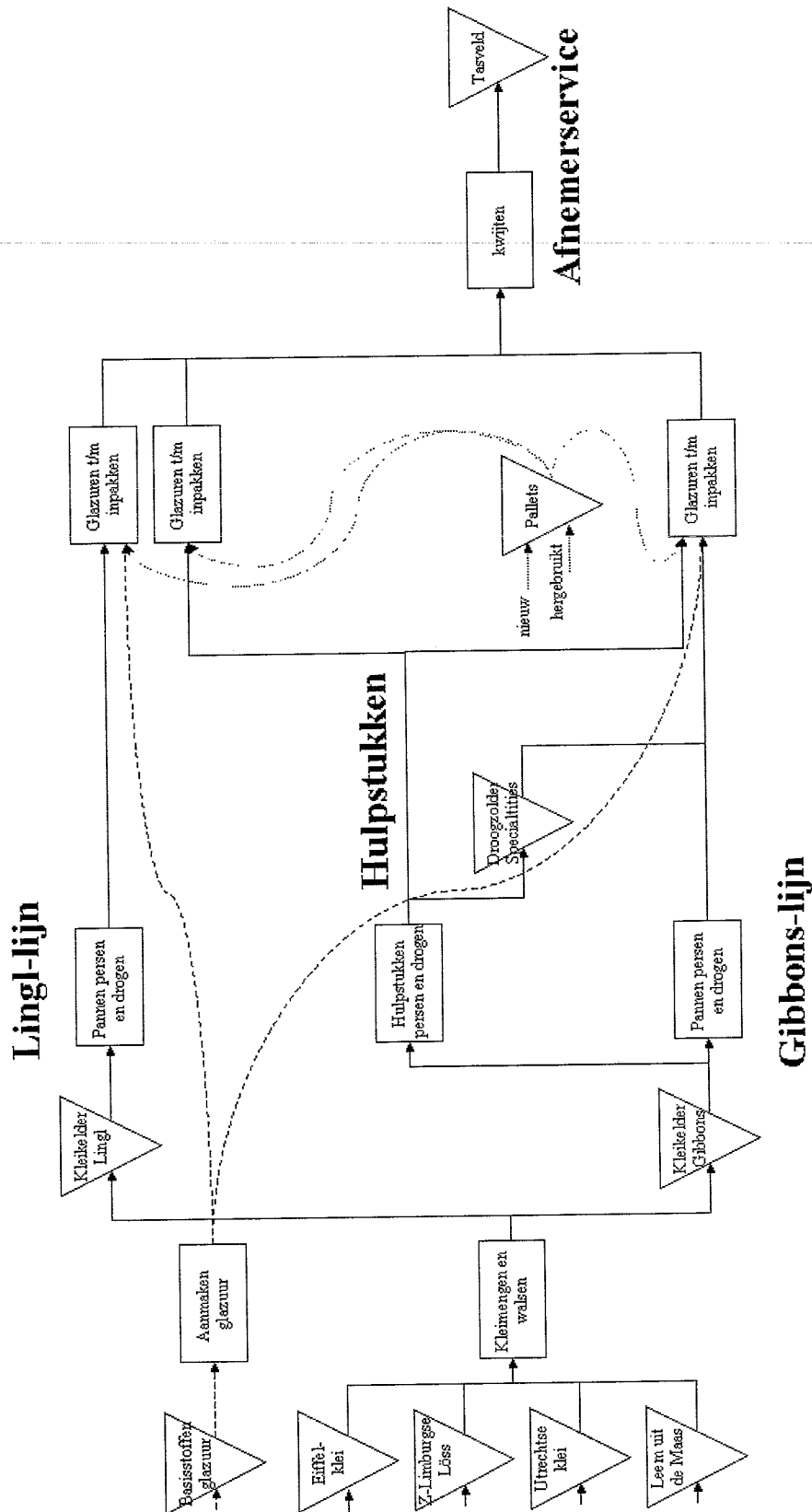
De tekst in dit organigram is door de auteur overgetikt omdat deze slecht leesbaar was.

Bijlage 10: De ontkoppelpunten

In deze bijlage worden de ontkoppelpunten per bestaansreden besproken. Alle gevonden ontkoppelpunten hebben volgens de theorie bestaansrecht. De vijf bestaansredenen zijn gebaseerd op het boek *Production Control. A structural and design oriented approach* van Bertrand et al. [24]. In de figuur op de volgende bladzijde is het productieproces met de ontkoppelpunten weergegeven. In deze bijlage wordt ingegaan op de gehele locatie en niet alleen op de Linglijn.

- Het KOOP (Klanten Order Ontkoppel Punt).
Producten die het KOOP gepasseerd zijn zijn gekoppeld aan een klantenorder. Producten stroomopwaarts van het KOOP zijn gebaseerd op planorders, dit zijn orders gebaseerd op de vraagvoorspelling. De plaatsing van het KOOP is afhankelijk van de levertijd aan de klant en de interne levertijden, gegeven de definitie is het noodzakelijk dat de cumulatieve interne levertijd vanaf het KOOP tot de klant kleiner of gelijk is aan de levertijd aan de klant.
In Tegelen wordt uit voorraad geleverd en op voorraad geproduceerd. Het tasveld is het KOOP en daarom een ontkoppelpunt in de keten.
- Onzekerheidsreductie
Het tasveld is het KOOP en heeft daarom ook de functie van onzekerheidsreductie, zowel van vraagonzekerheid als van procesonzekerheid (en dan zowel van doorlooptijdonzekerheid als van uitval).
De droogzolder vervult ook een rol van onzekerheidsreductie, door gedroogde rauwe specialities²⁴ op voorraad te hebben liggen is de lead-time voor deze producten aanzienlijk korter en kan er beter worden gereageerd op de sterk fluctuerende vraag naar deze producten
- Capaciteitbenutting
Voor en na een bottleneck moet een ontkoppelpunt liggen om de capaciteit optimaal te benutten.
In het ovensysteem is ruimte voor een kleine buffer (enkele uren productie) in de vorm van ovenwagens. Uit bijlage 8 blijkt echter dat de oven een ingestelde bottleneck is in plaats van de werkelijke bottleneck, de werkelijke bottleneck is namelijk de pers.
- Commonality
Met commonality wordt bedoeld de gemeenschappelijkheid van materialen. Zo worden bijvoorbeeld alle producten vervaardigd uit hetzelfde kleimengsel. Beide kleikelders hebben dus ook bestaansrecht als commonality-ontkoppelpunt.
Commonality speelt ook bij de grondstoffen voor de glazuur. De 17 kleuren worden gemengd uit ongeveer vijf basiskleuren. Van de voorraad van een basiskleur hoeft dus nog niet duidelijk te zijn voor welke kleuren deze gebruikt gaat worden.
De droogzolder voor de specialities heeft ook als bestaansreden de commonality. De producten die op de droogzolder liggen zijn namelijk nog niet gekleurd.
De droogkamers worden momenteel niet gebruikt als commonality ontkoppelpunt. Als reden is genoemd dat er ruimtegebrek is en dus geen voorraad kan liggen. Deze reden klopt wel, maar is niet legitiem. Om te kunnen ontkoppelen is het nog niet vereist om ook daadwerkelijk voorraad te hebben liggen. De keuzevrijheid om de kleur pas te bepalen na het type kan van de droogkamers al een ontkoppelpunt maken. Deze keuzevrijheid wordt beperkt door twee factoren, ten eerste door de interne levertijd van gemengd glazuur en ten tweede door de methodiek om met een tienwekelijks rollend plan te werken.

²⁴ Specialities zijn bijzondere hulpstukken met een geringe omzet en een sterk fluctuerende vraag, bollen en doorvoerpannen zijn voorbeelden van dit soort pannen.



Figuur 14: Het productieproces in Tegelen met ontkoppelpunten

- Seriegrootteverschillen
Klei wordt aangeleverd met volle vrachtwagens, de voorraden klei hebben daarom bestaansrecht vanwege de seriegrootteverschillen. De droogzolder voor de specialities is ook ontstaan vanwege het hanteren van seriegroottes bij het persen van deze producten. De producten worden te duur bij het hanteren van kleinere seriegroottes.

Bijlage 11: De relatie tussen seriegrootte en cyclusvoorraad

Binnen de procesindustrie speelt de cyclustijd een belangrijke rol. De cyclustijd van een type is, zoals in paragraaf 4.2 omschreven, de tijd tussen twee productiestarts van een type [13, 14]. In deze bijlage wordt de cyclustijd gebruikt om de samenhang tussen de seriegrootte en de cyclusvoorraad toe te lichten. Eerst zal het verband aan bod komen, daarna zal het verband worden geïllustreerd met een voorbeeld.

Het verband tussen de seriegrootte en de cyclusvoorraad

De seriegrootte van een type is gelijk aan de cyclustijd van dat type maal de gemiddelde vraag per periode naar dat type. Er dient immers tijdens een productierun genoeg geproduceerd te worden om aan de vraag gedurende de periode tot de volgende productierun te voldoen, en de tijd tussen twee productieruns is de cyclustijd.

- i het producttype
 CT_i de cyclustijd van type i
 d_i de constante vraag per periode naar type i
 S_i de seriegrootte van type i
 $S_i = CT_i * d_i$

Uit bovenstaand verband volgt dat bij een gelijkblijvende vraag de seriegrootte van een type evenredig is met de cyclustijd van die type.

De cyclusvoorraad per type is ook evenredig met de cyclustijd van dat type. Tussen twee productievrijgaves zit de cyclustijd. Dit betekent dat er per type een cyclusvoorraad moet worden opgebouwd die gelijk is aan de cyclustijd van dat type keer de gemiddelde vraag per periode naar dat type. Bij de eerstvolgende productierun is de cyclusvoorraad gemiddeld weer nul. De gemiddelde cyclusvoorraad van een type is dan de helft van de seriegrootte van dat type. Hierbij is de aanname dat de productie tijdens de productieperiode niet gebruikt wordt om in vraag te voorzien.

- cv_i de gemiddelde cyclusvoorraad van type i

$$cv_i = \frac{CT_i * d_i}{2} = \frac{1}{2} S_i$$

onder de aanname dat de productie tijdens de productieperiode niet gebruikt wordt om in de vraag te voorzien²⁵

²⁵ Indien de productie gedurende een productieperiode wel gebruikt wordt om in de vraag te voorzien is onderstaande formule van toepassing.

I het totaal aantal types

D totale vraag per periode = productiecapaciteit per periode $D = \sum_1^I d_i$

$$cv_i = \frac{(CT_i - \frac{S_i}{D}) * d_i}{2} = \frac{CT_i * d_i}{2} - \frac{\frac{S_i}{D} d_i}{2} = \frac{1}{2} S_i - \frac{S_i}{2D} d_i$$

In de situatie dat gedurende een productieperiode wel vraag wordt uitgeleverd is de piek in de voorraad per type namelijk niet meer gelijk aan de vraag naar dat type gedurende de cyclustijd van dat type maar aan de vraag gedurende de cyclustijd minus de productietijd van dat type. De productietijd is de seriegrootte van dat type gedeeld door de productiecapaciteit per periode, S_i / D .

Uit bovenstaand verband blijkt dat de cyclusvoorraad per type evenredig is met de seriegrootte per type. Als de seriegrootte met een factor A wordt vermenigvuldigd, dan zal de cyclusvoorraad²⁶ ook met een factor A toenemen. Hierbij is het niet vereist dat de vraag naar elke type gelijk is.

Een voorbeeld ter illustratie van het verband tussen seriegrootte en cyclusvoorraad

Stel: Er zijn drie typen (A, B en C), de vraag naar elke type is één eenheid per periode. De totale vraag per periode is dan 3 eenheden. In dit voorbeeld is de productiecapaciteit ook drie eenheden per periode, en er kan maar één type tegelijkertijd in productie zijn.

Seriegrootte van één periode productie

Bij een seriegrootte van 3 eenheden, oftewel één periode is onderstaand productieschema mogelijk:

Periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
product	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C

De cyclustijd van elke type is dan 3 periodes, de gemiddelde cyclusvoorraad per type is dan 1,5 eenheid (de seriegrootte van 3 stuks gedeeld door twee²⁷). De totale cyclusvoorraad is dan 4,5 stuks²⁸.

Seriegrootte van twee periodes productie

Bij een seriegrootte van 6 eenheden is onderstaand productieschema mogelijk:

Periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
product	A	A	B	B	C	C	A	A	B	B	C	C

De cyclustijd van elke type is dan 6 periodes, de gemiddelde cyclusvoorraad per type is dan 3 eenheden (de seriegrootte van 6 stuks gedeeld door twee). De totale cyclusvoorraad is dan 9 stuks²⁹.

Seriegrootte van drie periodes productie

Tot slot nog een voorbeeld met een seriegrootte gelijk aan 3 weken productie.

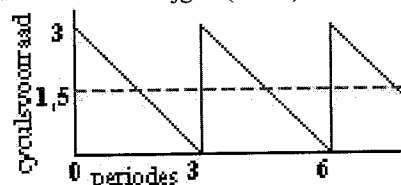
Periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----

²⁶ zowel de cyclusvoorraad per variant als de totale cyclusvoorraad van alle types, de totale cyclusvoorraad is de sommatie over de types van de gemiddelde cyclusvoorraad per variant.

CV totale cyclusvoorraad

$$CV = \sum_1^I cv_i$$

Bij een zelfde aantal types (I ongewijzigd) en een zelfde procentuele stijging (daling) in de cyclusvoorraad per type zal de totale cyclusvoorraad procentueel evenveel stijgen (dalen).



²⁷ De voorraad verloopt per type namelijk zo:

²⁸ Indien de productie gedurende een periode ook gebruikt kan worden om in de vraag in die periode te voorzien dan is de gemiddelde cyclusvoorraad per type 1 stuks en de totale cyclusvoorraad 3 stuks.

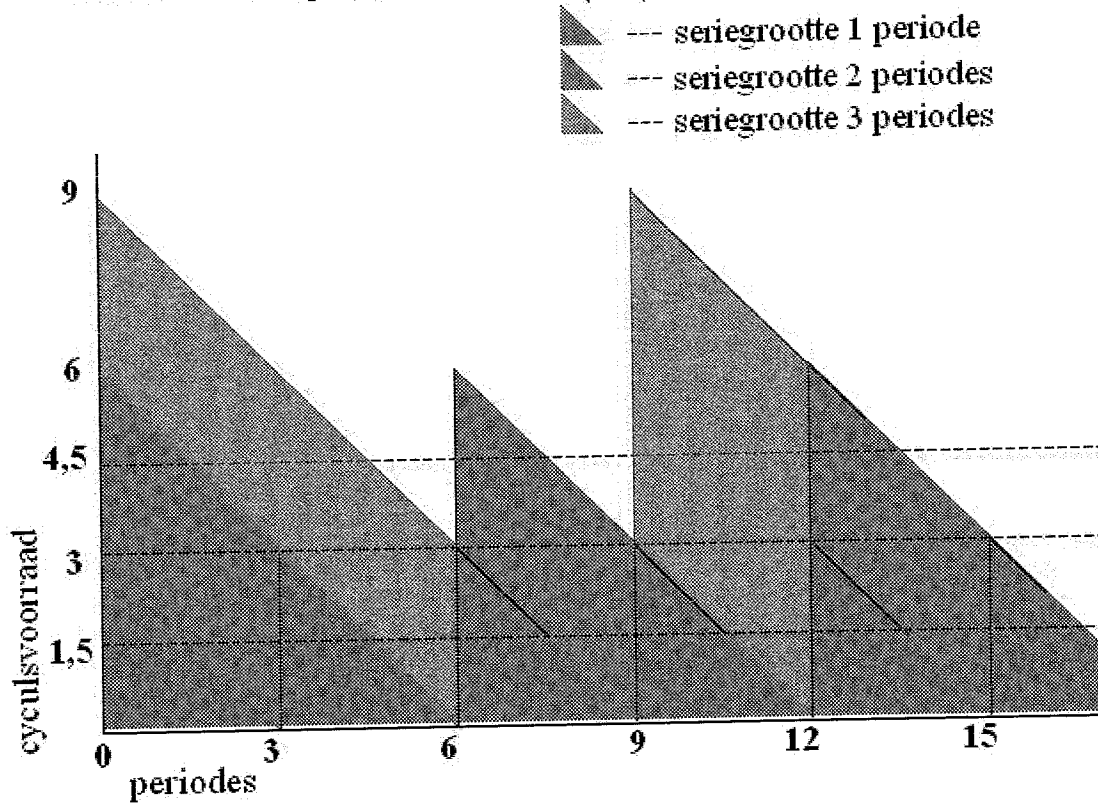
²⁹ Indien de productie gedurende de productieperiodes ook gebruikt kan worden om in de vraag in die periodes te voorzien dan is de gemiddelde cyclusvoorraad per type 2 stuks en de totale cyclusvoorraad 6 stuks.

product	A	A	A	B	B	B	C	C	C	A	A	A
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

De cyclustijd van elke type is dan 9 periodes, de gemiddelde cyclusvoorraad per type is dan 4,5 eenheden (de seriegrootte van 9 stuks gedeeld door twee). De totale cyclusvoorraad is dan 13,5 stuks³⁰.

Hieronder wordt het verloop van de cyclusvoorraad van type A per situatie in dit voorbeeld weergegeven.

Variant A: Verloop cyclusvoorraad ↙ ↘ Gemiddelde cyclusvoorraad



³⁰ Indien de productie gedurende de productieperiodes ook gebruikt kan worden om in de vraag in die periodes te voorzien dan is de gemiddelde cyclusvoorraad per type 3 stuks en de totale cyclusvoorraad 9 stuks.

Bijlage 12: Het effect van het aantal types op de cyclusvoorraad

Deze bijlage gaat in op de samenhang van het aantal types met de cyclusvoorraad. In het eerste deel van deze bijlage wordt het verband besproken, in het tweede deel wordt een voorbeeld doorlopen. Het derde en laatste deel is een grove illustratie van dit verband voor het effect van het type OVH+ op de situatie in Tegelen.

Het verband tussen het aantal types en de cyclusvoorraad

In deze bijlage wordt ervan uitgegaan dat:

- De vraag en productiecapaciteit zijn in evenwicht.
- Bij meer types neemt de totale vraag niet toe, dat wil zeggen dat een extra type inhoudt dat de vraag naar bestaande types afneemt zodat de totale vraag gelijk blijft aan de productiecapaciteit.
- De vraag per type is gelijk, evenals de seriegrootte per type.
- De seriegrootte blijft constant bij het wijzigen van het aantal types
- De productie gedurende de productieperiode kan niet gebruikt worden om in de vraag gedurende die periode te voorzien.

Omdat de seriegrootte constant blijft en de cyclusvoorraad per type uit te drukken is in de seriegrootte, betekent een wijziging van het aantal types (een wijziging van I) een relatief even grote wijziging in de totale cyclusvoorraad (CV).

In bijlage 11 is reeds een formulering aan bod gekomen voor de cyclusvoorraad per type, deze wordt hieronder herhaald.

i het producttype
 cv_i de gemiddelde cyclusvoorraad van type i
 S_i de seriegrootte van type i
 D totale vraag per periode = productiecapaciteit per periode

$$cv_i = \frac{1}{2} S_i \quad D = \sum_1^I d_i$$

I het aantal types

$$CV \quad \text{de totale cyclusvoorraad, } CV = \sum_1^I cv_i$$

$$CV = \sum_1^I cv_i = \sum_1^I \frac{1}{2} S_i = \frac{1}{2} \sum_1^I S_i = \frac{1}{2} I * S_i \quad \text{want } S_i \text{ is onafhankelijk van } i.$$

De totale cyclusvoorraad is volgens bovenstaande formule gelijk aan een half keer het aantal types keer de seriegrootte per type. Het verband tussen de cyclusvoorraad en het aantal types is daarmee duidelijk: een verandering in het aantal types geeft een procentueel even grote wijziging in de cyclusvoorraad.

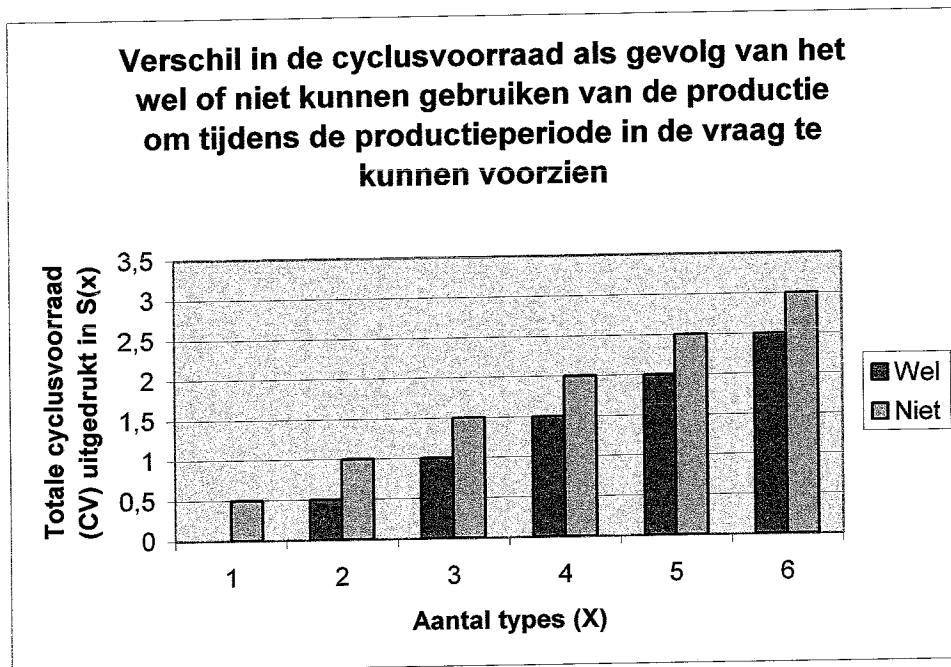
Indien de aanname dat de productie gedurende een periode niet aangewend kan worden om in de vraag gedurende die periode te voorzien vervalt, dat wil zeggen dat de productie wel kan worden gebruikt om tijdens de productieperiode in de vraag te voorzien, dan is de cyclusvoorraad als onderstaand uit te drukken.

$$CV = \frac{1}{2} (I - 1) * S_i \quad \text{indien de productie van een periode in dezelfde periode beschikbaar komt}$$

Hierbij is gebruik gemaakt³¹ van het onderstaande verband uit de voetnoten van de vorige bijlage.

$$cv_i = \frac{1}{2}S_i - \frac{S_i}{2D}d_i$$

In onderstaande figuur is te zien dat deze formule een structureel lagere cyclusvoorraad geeft en dat bij situaties met weinig types het verschil in de uitkomst van beide formules relatief groter is dan in situaties met meer types. Dat de voorraad structureel lager is in lijn met de verwachting, de productie kan immers direct worden aangewend om in de vraag naar dat type te voorzien. In de praktijk gebeurt dit ook, in de volgende twee delen van deze bijlage zal dan ook de tweede formule voor de cyclusvoorraad worden gehanteerd.



Een voorbeeld van het effect van het aantal types op de cyclusvoorraad

In dit deel van deze bijlage wordt het in het eerste deel gevonden verband geïllustreerd met een voorbeeld.

Stel: de productiecapaciteit is twaalf eenheden per periode en de vraag is twaalf eenheden per periode, met een gelijke vraag per type. Bij het wijzigen van het aantal types blijft de totale vraag en productiecapaciteit constant. De seriegrootte is 12 eenheden per periode.

Situatie met één type

Periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
product	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

Vraag naar type A: 12 eenheden/periode - totale cyclus 1 periode

$$\begin{aligned}
 {}^{31} CV &= \sum_1^I cv_i = \sum_1^I \left[\frac{1}{2}S_i - \frac{S_i}{2D}d_i \right] = \frac{1}{2} \sum_1^I \left[S_i - \frac{S_i}{D}d_i \right] = & (S_i \text{ is onafhankelijk van } i) \\
 & \frac{1}{2} \sum_1^I \left[1 - \frac{1}{D}d_i \right] * S_i = \frac{1}{2} \left[I - \frac{1}{D}D \right] S_i = \frac{1}{2} (I-1) * S_i
 \end{aligned}$$

gem. cyclusvoorraad type A: $\frac{0}{1} = 0$
 Totale cyclusvoorraad alle types: 0 eenh.

Situatie met twee types

Periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
product	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B

Vraag per type: 6 eenheden/periode - totale cyclus: 2 periodes

gem. cyclusvoorraad type A: $\frac{3}{1} = 3$ ³²
 gem. cyclusvoorraad type B: $\frac{3}{1} = 3$
 Totale cyclusvoorraad alle types: 6 eenh.

Situatie met drie types

Periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
product	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C

Vraag naar per type: 4 eenheden/periode - totale cyclus 3 periodes

gem. cyclusvoorraad per type: $\frac{4}{1} = 4$
 Aantal types: $\frac{3}{1} = 3$
 Totale cyclusvoorraad alle types: 12 eenh.

Situatie met vier types

Periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
product	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D

Vraag naar per type: 3 eenheden/periode - totale cyclus 4 periodes

gem. cyclusvoorraad per type: $\frac{4,5}{1} = 4,5$
 Aantal types: $\frac{4}{1} = 4$
 Totale cyclusvoorraad alle types: 18 eenh.

Situatie met vijf types

Periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
product	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B

Vraag naar per type: 2,4 eenheden/periode - totale cyclus 5 periodes

gem. cyclusvoorraad type A: $\frac{4,8}{1} = 4,8$
 Aantal types: $\frac{5}{1} = 5$
 Totale cyclusvoorraad alle types: 24 eenh.

Resultaten van het voorbeeld

In onderstaande tabel zijn de resultaten van het voorbeeld gegeven

<i>Aantal types</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
<i>Benodigde voorraad in eenheden</i>	<i>0</i>	<i>6</i>	<i>12</i>	<i>18</i>	<i>24</i>

³² In periode 1 is de voorraad aan het begin van de periode 0 stuks en aan het einde van de periode 6 stuks, gemiddeld ligt er in periode 1 dus 3 stuks van type A op voorraad. In periode 2 ligt er aan het begin van de periode 6 stuks op voorraad en aan het einde van de periode 0 stuks, dit geeft ook in periode 2 een gemiddelde voorraad van 3 stuks van type A. Het gemiddelde is daarmee ook 3 stuks.

Grove illustratie van het effect op de cyclusvoorraad van het introduceren van de OVH+

In dit deel van deze bijlage wordt het in het eerste deel gevonden verband gebruikt om een grove schatting te maken van de extra benodigde cyclusvoorraad als gevolg van het ook produceren van de OVH+.

De types op Lingl kennen geen gelijke vraag per type. Heel grofweg kan gezegd worden dat voor het type VH twee keer zoveel vraag wordt verwacht als voor het type OVH en Renova. Voor OVH+ wordt grofweg ongeveer evenveel vraag verwacht als voor de types VH en Renova. In dit voorbeeld wordt bewust gekozen voor deze verhoudingen die in de praktijk niet zo mooi zijn, daarmee wordt in dit voorbeeld ook de benodigde cyclusvoorraad onderschat. De cyclusvoorraad is een onderdeel van de in de werkelijkheid benodigde voorraad, die behalve de cyclusvoorraad ook bestaat uit (in willekeurige volgorde):

- voorraad door seriegrootteverschillen (per variant³³)
- WBS³⁴ voorraad
- veiligheidsvoorraad (per variant)
- voorraad om het seizoenspatroon op te vangen
- voorraad als gevolg van gewijzigde vraagpatronen³⁵

In dit deel wordt alleen het te verwachten effect in de benodigde cyclusvoorraad als gevolg van het toevoegen van het type OVH+ berekend.

De situatie zonder OVH+

De totale vraag is gelijk aan de totale productiecapaciteit en is 20 eenheden per periode.

Periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
product	VH	OVH	VH	RENOV	VH	OVH	VH	RENOV	VH	OVH	VH	RENOV

Vraag naar VH: 10 eenh. per periode

Vraag naar OVH: 5 eenh. per periode

Vraag naar Renova: 5 eenh. per periode

De totale cyclus 4 periodes

Voorraadverloop van type VH:

Periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Type in productie	VH	OVH	VH	RENOV	VH	OVH	VH	RENOV	VH	OVH	VH	RENOV
Eindvoorraad in periode	10	0	10	0								
Gem. voorraad in periode	5	5	5	5								

Gemiddelde cyclusvoorraad type VH (zie tabel hierboven):

gem. cyclusvoorraad type OVH:

gem. cyclusvoorraad type RENOV:

5
7,5³⁶
7,5
+

³³ Hierbij het onderscheid tussen types en varianten: types hebben betrekking op de vorm en het wijzigen van het type in productie gaat gepaard met relatief hoge omstelkosten, varianten hebben betrekking op de kleur en het wijzigen van de kleur bij eenzelfde type gaat gepaard met relatief lage omstelkosten.

³⁴ Zoals eerder omschreven is dit een term voor pannen die door (kleur)afwijkingen niet tegen de normale prijs verkocht kunnen worden.

³⁵ Een daling in de vraag naar een variant waarvan de seriegrootte was gebaseerd op de historische vraag.

³⁶ 15 stuks aan het einde van elke productieperiode, 0 stuks aan het begin van elke productieperiode, (15+0) / 2 = 7,5 stuks gemiddeld.

Totale cyclusvoorraad alle types voor de situatie zonder OVH+: **20 eenh.**

De situatie met OVH+

De totale vraag is gelijk aan de totale productiecapaciteit en is 20 eenheden per periode.

Periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
product	VH	OVH	VH	RENOV	OVH+	VH	OVH	VH	RENOV	OVH+	VH	OVH

Vraag naar VH: 8 eenh. per periode

Vraag naar OVH: 4 eenh. per periode

Vraag naar Renova: 4 eenh. per periode

Vraag naar OVH+: 4 eenh. per periode

De totale cyclus 5 periodes

Voorraadverloop van type VH:

Periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Type in productie	VH	OVH	VH	RENOV	OVH+	OVH	VH	RENOV	VH	OVH	VH	RENOV
Eindvoorraad in periode	12	4	<u>16</u>	8	0							
Gem. voorraad in periode	6	8	<u>10</u>	12	4							

Gemiddelde cyclusvoorraad type VH (zie tabel hierboven): 8

gem. cyclusvoorraad type OVH: 8

gem. cyclusvoorraad type RENOV: 8

gem. cyclusvoorraad type OVH+: 8

+
32 eenh.

Totale cyclusvoorraad alle types voor de situatie met OVH+:

Als gevolg van de introductie van OVH+ neemt de cyclusvoorraad met 12 eenheden toe van 20 eenheden naar 32 eenheden, een stijging van 60%.

Bij het gebruik van de formules uit het eerste deel zou 30 eenheden als uitkomst verwacht worden en niet 32, het verschil van 2 wordt veroorzaakt door het verstoren van de onderlinge aandelen in de vraag, voor het type VH is de cyclus minder optimaal in de situatie met OVH+. In periode 3 wordt namelijk het type VH weer in productie genomen terwijl er nog voorraad van dat type ligt.

Het voorbeeld is uitgedrukt in eenheden en periodes en daarmee wellicht nog wat abstract. Momenteel is de minimum seriegrootte drie weken per type. Stel een periode komt overeen met drie weken. Drie weken komt ongeveer overeen met <NOD B 12.1> pannen voor de Linglijn, een eenheid is dan grofweg <NOD B 12.2> pannen. Voor de situatie met OVH+ zijn dan <NOD B 12.3> pannen cyclusvoorraad nodig in plaats van <NOD B 12.4> miljoen, een stijging van <NOD B 12.5> pannen in de cyclusvoorraad.

Bijlage 13: De variabelen van het simulatiemodel

Het dynamische discrete stochastische steady-state model is beschreven in paragraaf 5.2.1, de nummers in die paragraaf komen overeen met de nummers in deze bijlage.

- (1) i Het type pan. $i \in (1, 2, 3, \dots, I-1, I)$
 $types_NR$ Een deelverzameling van types die relatief veel vraag naar de varianten in natuurrood kennen. $Types_NR \subset (1, 2, 3, \dots, I-1, I)$
-
- (2) j De kleur pan. $j \in (1, 2, 3, \dots, J-1, J)$
 De waarde 1 staat voor de kleur natuurrood.
- (3) t De periode in het model. $t \in (1, 2, 3, \dots, T-1, T)$
 $t = n * M + m$
 n Het jaar $n \in (1, 2, 3, \dots, N-1, N)$
 Hierbij geldt dat $N = \frac{T}{M}$
- m De periode binnen een jaar. $m \in (1, 2, 3, \dots, M-1, M)$
 Hierbij geldt dat $M = \frac{T}{N}$
- (4) $W(m)$ De weekindeling. Een waarde van '1' geeft aan dat m een productieperiode is en een waarde van '0' geeft aan dat m een productieloze periode is.
 $W(m) \in (0, 1)$
- $ANR(m)$ De variabele die weergeeft of dat er in periode m alleen de kleur natuurrood kan worden geproduceerd. Waar wordt weergegeven met de waarde '1' en onwaar met de waarde '0'. $ANR(t) \in (0, 1)$
- (5) L De planningshorizon, het aantal periodes dat zit tussen het nemen van een productiebeslissing en het beschikbaar hebben van de output van de productiebeslissing. $L \in \mathbb{N}$
- (6) $d_{ij}(t)$ De vraag naar pannen van de variant met kleur j van type i in periode t uitgedrukt in het aantal pannen. Dit is een stochast met verwachtingswaarde d_{ij} en variantie VAR_{ij} .
 $d_{ij}(t) = [d_{ij} / \mu_{ij}] * e_{ij}(t) * spc(t)$
- $d_i(t)$ De vraag naar pannen van type i in periode t uitgedrukt in het aantal pannen.
 Hierbij geldt dat $d_i(t) = \sum_{j \in H} d_{ij}(t)$.
- VAR_{ij} De variantie van de vraag van de variant met kleur j van type i uitgedrukt in de grootte (pannen)² per periode
- $e_{ij}(t)$ Een stochast met een Poissonverdeling gekenmerkt door de parameter

μ_{ij} met verwachtingswaarde μ_{ij} en variantie μ_{ij}

μ_{ij} De gebruikte waarde voor de parameter μ van de Poissonverdeling voor de variant met kleur j van type i . $\mu_{ij} \in \mathbb{R}$ en $\mu_{ij} \geq 0$

Hierbij geldt dat $\mu_{ij} = (d_{ij})^2 / VAR_{ij}$ ³⁷

$pc(m)$ De periodecoëfficiënt in periode m , dimensieloos. $pc(m) \in (0,1)$

Hierbij geldt dat $\sum_{m=1}^M pc(m) = M$

$spc(t)$ De stochastische periodecoëfficiënt in periode t , dimensieloos
 $spc(t) = pc(m) * swe(t)$

$swe(t)$ Het stochastische weerseffect in periode t , dit is een normaal verdeelde stochast met de verwachtingswaarde 1 en een standaarddeviatie SDW .
Hierbij geldt dat $spc(t) = pc(m) * swe(t)$

SDW De standaarddeviatie van het weerseffect.

d_{ij} De gemiddelde vraag naar pannen van de variant met de kleur j van type i uitgedrukt in het aantal pannen per periode.

d_i De gemiddelde vraag naar pannen van type i uitgedrukt in het aantal pannen per periode.
Hierbij geldt dat $d_i = \sum_{j=1}^J d_{ij}$.

(7) $s_{ij}(t)$ De voorraad pannen van de variant met kleur j van type i aan het begin van periode t uitgedrukt in het aantal pannen.
 $s_{ij}(t+1) = \text{Maximum}(s_{ij}(t) + p_{ij}(t) - d_{ij}(t); 0)$

$s_i(t)$ De voorraad pannen van type i aan het begin van periode t uitgedrukt in het aantal pannen.
Hierbij geldt dat $s_i(t) = \sum_{j=1}^J s_{ij}(t)$

(8) $ts_{ij}(t)$ De theoretische voorraad pannen van de variant met kleur j van type i in periode t uitgedrukt in het aantal pannen.
 $ts_{ij}(t) = s_{ij}(t) + \sum_{t=0}^{t-1} p_{ij}(t)$

$ts_i(t)$ De theoretische voorraad pannen van type i in periode t uitgedrukt in

³⁷ De Poissonverdeling heeft als eigenschap dat de μ zowel de verwachtingswaarde als de variantie is. De vraagvoorspelling wordt bij gebruik van de Poissonverdeling weergegeven door d_{ij}/μ keer de Poissonstochast met parameter μ . De variantie van deze vraagvoorspellende Poissonstochast is dan $(d_{ij})^2 / \mu^2$ keer de variantie van de stochast gekenmerkt door de parameter μ , oftewel $(d_{ij})^2 / \mu$. Dit met behulp van de rekenregel dat de variantie van a keer een stochast gelijk is aan a^2 keer de variantie van die stochast. De opzet van de vraaggenerator is omschreven in bijlage 14.

het aantal pannen.

$$\text{Hierbij geldt dat } ts_i(t) = \sum_{j=1}^J ts_{ij}(t)$$

- (9) $ROT_{ij}(t)$ De Run Out Time van de theoretische voorraad pannen van de variant met kleur j van type i in periode t uitgedrukt in het aantal periodes.
 $ROT_{ij}(t) = ts_{ij}(t) / d_{ij}$

$ROT_i(t)$ De Run Out Time van de theoretische voorraad pannen van type i in periode t uitgedrukt in het aantal periodes.

$$\text{Hierbij geldt dat } ROT_i(t) = \sum_{j=1}^J ROT_{ij}(t)$$

$ROTZNR_i(t)$ De Run Out Time van de theoretische voorraad pannen van type i exclusief de kleur natuurrood in periode t voor die types met relatief veel vraag naar varianten met de kleur natuurrood

$$\begin{cases} ROTZNR_i(t) = \sum_{j=2}^J ROT_{ij}(t), & i \in \text{types_NR} \\ ROTZNR_i(t) = ROT_i(t), & i \notin \text{types_NR} \end{cases}$$

$ROTIMP_i(t)$ De Run Out Time inclusief mogelijke productie van type I

$$ROTIMP_i(t) = \left[\sum_{j=1}^J ts_{ij}(t) + NP_j \right] / d_{ij}$$

- (10) $PT_i(t)$ De variabele die aangeeft of de productie ingericht is voor type i in periode t . Waar wordt weergegeven met de waarde '1' en onwaar met de waarde '0'. $PT_i(t) \in (0, 1)$

$$PT_i(t) = 1 \text{ indien}$$

$$\begin{cases} \text{Minimum}(ROTZNR_1(t); ROTZNR_2(t); ROTZNR_3(t); \dots; m \in \text{Ombouwopties} \\ ROTZNR_{I-1}(t); ROTZNR_I(t)) = ROTZNR_i(t) \\ PT_i(t-1) = 1 & m \notin \text{Ombouwopties} \end{cases}$$

$$\text{Hierbij geldt dat } \sum_{i=1}^I PT_i(t) = 1$$

Ombouwopties De deelverzamelingverzameling van waarden van m waarop omgebouwd mag worden $\text{Ombouwopties} \subset (1, 2, 3, \dots, M-1, M)$

- (11) $TV_{ij}(t)$ Tussenvariabele behorende bij de variant met kleur j van type i uitgedrukt in een aantal pannen
 $TV_{ij}(t) = \text{Maximum}([ROTIMP_i(t) - ROT_{ij}(t)] * d_{ij}; 0)$

$p_{ij}(t)$ Productiehoeveelheid van de variant met de kleur j van type i in periode t uitgedrukt in aantal pannen.

$$\begin{cases} p_{ij}(t) = [TV_{ij}(t) / \sum_{j=1}^J TV_{ij}(t)] * [1 - ANR(m)] * NP_i & i \in (2, 3, 4, \dots, I-1, I) \\ p_{ij}(t) = [TV_{ij}(t) / \sum_{j=1}^J TV_{ij}(t)] * [1 - ANR(m)] * NP_i + ANR(m) * NP_i & i = 1 \end{cases}$$

Hierbij geldt dat $0 \leq p_{ij}(t) \leq p_i(t) \leq NP_i$

$p_i(t)$ Productiehoeveelheid van type i in periode t uitgedrukt in aantal pannen.

$$\begin{cases} p_i(t) = NP_i * W(m) & PT_i(t) = 1 \\ p_i(t) = 0, & PT_i(t) = 0 \end{cases}$$

Hierbij geldt dat $p_i(t) = \sum_{j=1}^J p_{ij}(t)$

(12) NP_i De normproductie van pannen voor type i uitgedrukt in het aantal pannen per periode.

(13) CVV De Capaciteit/Vraag-verhouding, dimensieloos.

Bijlage 14: Het voorspellen van de vraag

In deze bijlage wordt ingegaan op de wijze waarop de vraag is gemodelleerd. Het voorspellen van de vraag vormt één van de onderdelen van het model om de benodigde voorraad te bepalen.

1. Het doel van het voorspellen van de vraag

Het voorspellen van de vraag is een onderdeel van het model om de benodigde voorraad te bepalen. Naar verwachting is een groot deel van de benodigde voorraad (meer dan de helft) veiligheidsvoorraad. De veiligheidsvoorraad is sterk afhankelijk van het type kansverdeling en de variantie van de vraag. Het doel van het voorspellen van de vraag is om in het simulatiemodel een op de werkelijkheid gebaseerde vraaggenerator op te kunnen nemen zodat het simulatiemodel de werkelijkheid representeert.

2. De aanpak

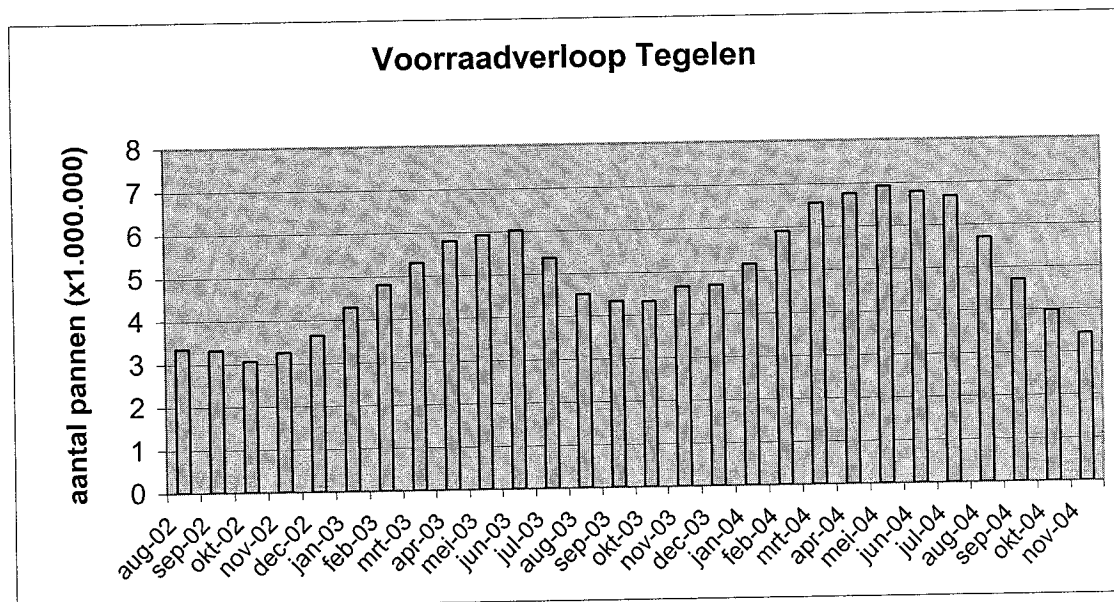
Naar verwachting zijn op de vraag de onderstaande drie factoren van invloed.

- een seizoenspatroon
- het vraagpatroon per product gekenmerkt door de kansverdeling en de variantie
- de weersomstandigheden

Het seizoenspatroon zal als eerste worden onderzocht bij punt drie. Bij punt vier zal de kansverdeling bepaald worden die van toepassing is. In het vijfde punt wordt de opzet van de vraaggenerator besproken; in de vraaggenerator worden zowel het seizoenspatroon als de vraagpatroon verwerkt. De derde factor die is verwerkt in de vraaggenerator is het weerseffect. Bij punt zes wordt het weerseffect gekwantificeerd, evenals de parameters voor de kansverdelingen. Punt zeven gaat vervolgens in op de validatie van de vraagvoorspelling en het stuk wordt afgesloten met punt acht waar de beperkingen van de ontworpen vraaggenerator worden besproken.

3. Het seizoenspatroon in de vraag

De vraag vertoont een sterk seizoenspatroon. Dit heeft gevolgen voor het voorraadverloop zoals zichtbaar is in figuur 15 hieronder, overgenomen uit hoofdstuk twee.



Figuur 15: Voorraadverloop in Tegelen

Om het seizoenspatroon in kaart te brengen is het onderstaande stappenschema gevolgd. De stappen worden, na de opsomming, tevens besproken.

Stap 1: Bepalen welke data nodig zijn

Stap 2: Het verzamelen van de benodigde data

Stap 3: Onderscheid maken tussen het seizoenspatroon en de afwijkingen ten opzichte van het seizoenspatroon

Stap 4: Kwantificeren van het seizoenspatroon

Stap 1: Bepalen welke data nodig zijn

Conform de afbakening wordt alleen de Linglijn gemodelleerd. De keuze voor de modelperiode is daarbij gevallen op één week.

Om effecten van een specifieke zaken (zoals carnaval en Pinksteren) binnen een jaar te kunnen onderzoeken wordt naar meerdere jaren gekeken. Hierbij wordt aangenomen dat de afgelopen jaren het seizoenspatroon niet veranderd is. De keuze om naar meerdere jaren te kijken maakt het tevens beter mogelijk onderscheid te maken tussen het seizoenspatroon en de afwijkingen ten opzichte van het seizoenspatroon.

De afzetgegevens per week van 2001, 2002 en 2003 van de pannen van de Linglijn zijn gehanteerd als uitgangspunt. Voor het bepalen van het seizoenspatroon zijn de gegevens van een heel jaar nodig. De gegevens van 2004 zijn daarom niet gebruikt voor het bepalen van het seizoenspatroon. Er is niet verder teruggekeken dan het jaar 2001 omdat toen de voorraad lager was en het voorkwam dat vraag niet werd geaccepteerd³⁸. Er zijn geen data beschikbaar van niet geaccepteerde vraag. Voor het bepalen van de vraag is aangenomen dat de vraag in 2001, 2002 en 2003 gelijk was aan de afzet. In deze jaren was de voorraad zo hoog dat in alle vraag kon worden voorzien.

Samenvattend zijn de afzetgegevens van de jaren 2001, 2002 en 2003 per week per variant benodigd.

Stap 2: Het verzamelen van de benodigde data

Bij stap 1 is reeds omschreven dat de afzetgegevens gebruikt zullen worden bij gebrek aan gegevens van de werkelijke vraag. De aanname is daarbij dat in de jaren 2001, 2002 en 2003 de afzetgegevens representatief zijn voor de werkelijke vraag, dit is een reële aanname gezien de hoge voorraad in die jaren.

Het verkrijgen van de benodigde data bleek lastiger dan verwacht. Zo bleek in het informatiesysteem SAP de orderdatum gebruikelijk in overzichten en niet de afleverdatum. Grote orders kennen bijvoorbeeld meerdere afleverdata. De afleverdata zijn relevant, de orderdatum niet. Uiteindelijk zijn de benodigde data in SAP achterhaald via de query ZAFLEV2³⁹.

Stap 3: Onderscheid maken tussen het seizoenspatroon en de afwijkingen ten opzichte van het seizoenspatroon

Om het seizoenspatroon te vinden is gekeken naar de totale afzet per week van de Linglijn. Hierbij is aangenomen dat het seizoenspatroon voor alle varianten hetzelfde is.

³⁸ De tweede oven in het Lingl-ovensysteem is in het jaar 2000 in gebruik genomen, voor het jaar 2000 was de productiecapaciteit veel kleiner.

³⁹ In het SAP menu van Lafarge Roofing Benelux B.V. te vinden onder:

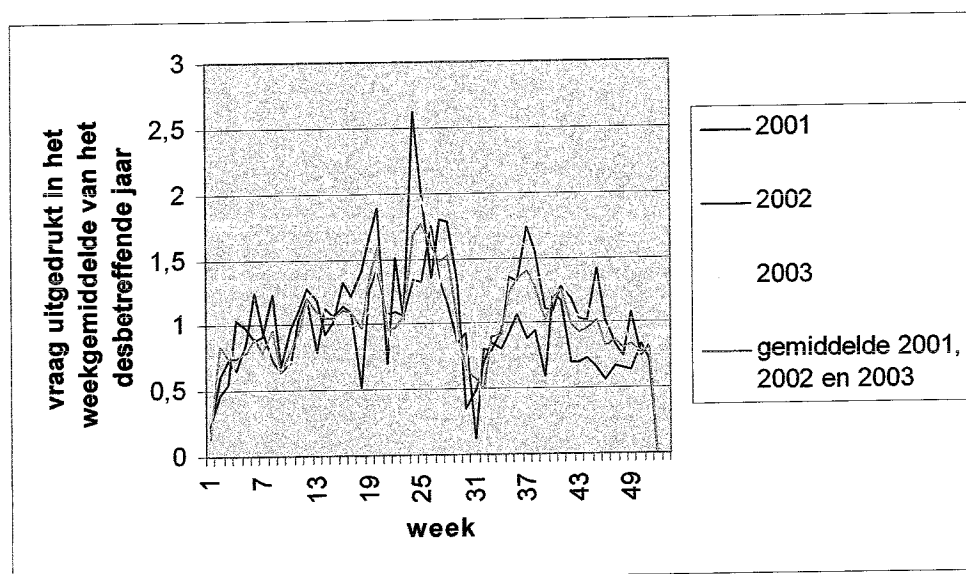
SAP-menu \ Logistiek \ Logistiekcontrolling \ Logistiekinformatiesysteem \ Standaardanalyses \ Verkoop \ MCSI – Gebruikersspecifieke analyse... \ ZAFLEV2

De gebruikte data zijn in oktober 2004 uit SAP gehaald onder de account TGPRRV.

Om de afzetgegevens per week van de verschillende jaren te kunnen vergelijken is de afzet per week uitgedrukt in de gemiddelde weekvraag van het desbetreffende jaar. Dit is gedaan omdat de afzet per jaar niet gelijk is.

In de vraaggegevens van 2001, 2002 en 2003 is geen duidelijke trend zichtbaar. Wel vertoont de afzet per jaar een daling. Aangenomen is dat afzetgegevens per week in de jaren 2001, 2002 en 2003 hetzelfde seizoenspatroon kennen, waarbij de jaarafzet per jaar wel verschilt.

In figuur 16 zijn de afzetgegevens per week van de varianten van de Linglijn weergegeven.



Figuur 16: Afzet per week uitgedrukt in de gemiddelde weekvraag

In de grafiek valt de piek in week 24 van de afzet in het jaar 2001 op. Deze piek bleek te maken te hebben met een probleem in de informatieverwerking bij Lafarge Roofing Benelux B.V. Door dit probleem is een deel van de vraag van week 22 en 23 niet in de juiste week geboekt maar in de volgende week.

De grafiek vertoont een grillig verloop. Voor dit verloop zijn de oorzaken in kaart gebracht. Op advies van Afnemersservice is het effect van de jaarindeling onderzocht. In tabel 14 hieronder worden de wel significant herkenbare zaken gegeven, in tabel 15 de zaken die ook onderzocht zijn, maar significant herkenbaar zijn.

Tabel 14: Significant herkenbare zaken in de jaarindeling

Significant herkenbare zaken in de jaarindeling:	Toelichting:
De bouwvakantie (rond week 30, verschilt per jaar)	In de bouwvakantie ligt een deel van de bouwindustrie stil, dit maakt het aannemelijk dat er dan ook minder vraag is naar dakpannen. De bouwvakantie strekt zich uit over een periode van 5 weken. De middelste week van deze vijf weken ligt in alle drie de Nederlandse regio's de bouw stil, in de week voor en de week na de middelste week ligt de bouw in

	twee van de drie regio's stil en in de eerste en laatste week ligt de bouw in één van de drie regio's stil. Afnemerservice is de middelste week van de bouwvakantie gesloten, de overige vier weken is Afnemerservice geopend. De bouwvakantie is duidelijk te herkennen in de afzetgegevens. Tevens is de week na de bouwvakantie de vraag nog aan het opbouwen.
De eerste en laatste week van het jaar	De eerste en laatste week van het jaar is Afnemerservice gesloten. In deze weken worden dan ook geen pannen uitgeleverd. Dit is duidelijk zichtbaar in de afzetgegevens.
Hemelvaart	Bij Hemelvaart is het gebruikelijk in de bouw dat er op de donderdag en de vrijdag niet wordt gewerkt. De week van Hemelvaart is als dal te herkennen in de afzetgegevens.

Tabel 15: Niet significant herkenbare zaken in de jaarindeling

Niet significante zaken in de jaarindeling	Toelichting
Carnaval	Carnaval is een groots feest in het zuiden, zo ook voor het personeel op de locatie Tegelen. Vele medewerkers willen vrij hebben met carnaval en bij Productie werkt men met een minimum bezetting. In de bouwwereld heeft men echter geen vrij, en bovendien wordt carnaval alleen onder de rivieren door de liefhebbers gevierd. Het effect van carnaval is in de afzetgegevens niet significant te herkennen.
De tweede week van het jaar	Omdat Afnemerservice in de laatste en eerste week van het jaar dicht is zou het in de tweede week van het jaar wel eens drukker kunnen zijn. In 2003 lijkt ook een piek te zitten in de afzet, in 2001 en 2002 echter niet. De bouw ligt nagenoeg geheel stil met Kerst en oud en nieuw. Omdat ook in 2004 de vraag in de tweede week geen grote piek vertoont is de tweede week van het jaar niet als significante zaak binnen de jaarindeling geïdentificeerd.
Pasen	Rondom Pasen is geen dal in de afzetgegevens gevonden.
Pinksteren	Rondom Pinksteren is geen dal in de afzetgegevens gevonden.

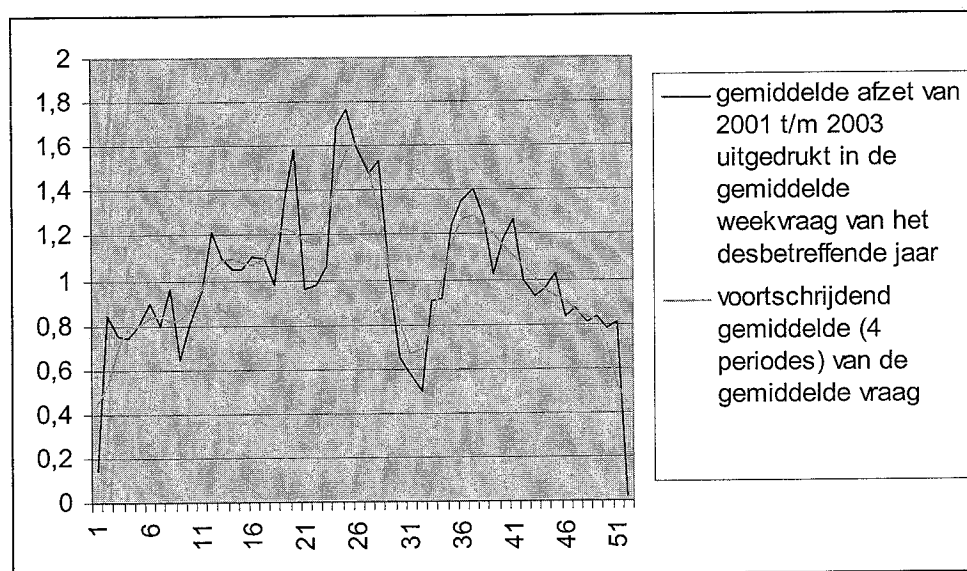
De data zijn gecorrigeerd voor de significant herkenbare zaken. In tabel 11 hieronder is aangegeven hoe dat is gedaan.

Tabel 16: Correctie voor de significante zaken in de jaarindeling

Significant herkenbare zaken in de jaarindeling:	Correctie:
De bouwvakantie (rond week 30, verschilt per jaar)	Voor de bouwvakantie is aangenomen dat er in de eerste en laatste week 2/3 ^{de} deel van de voor

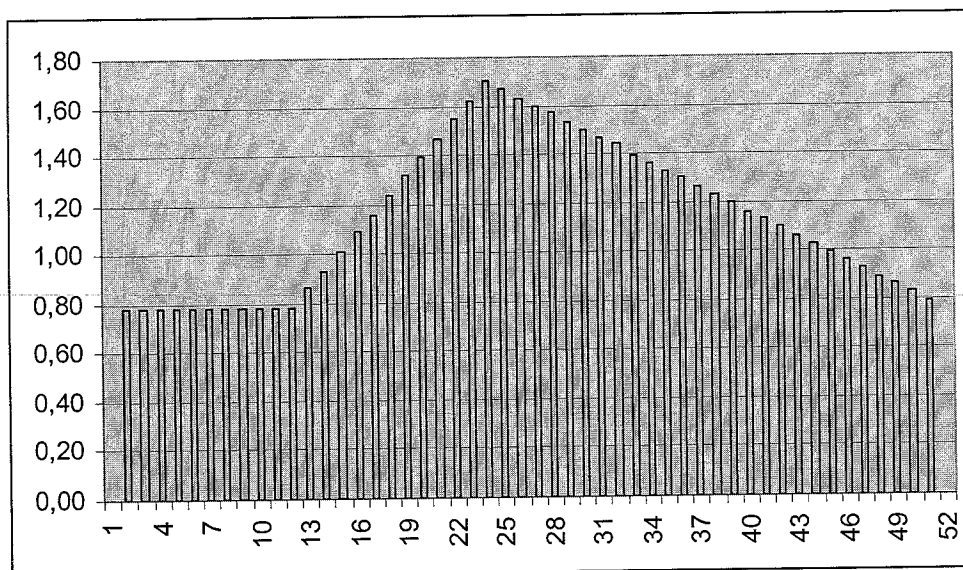
	die week te verwachten vraag zal worden gerealiseerd, in de tweede en vierde week 1/3 ^{de} deel en in de middelste week geen vraag. De week na de bouwvakantie wordt de vraag op 4/5 ^{de} deel van de voor die week te verwachten vraag gesteld.
De eerste en laatste week van het jaar	Voor de eerste en laatste week is aangenomen dat de vraag nul is.
Hemelvaart	Voor de week met Hemelvaart is aangenomen dat de vraag 3/5 ^{de} deel is van de verwachte vraag voor die week.

Om het onderscheid tussen het seizoenspatroon en afwijkingen van het seizoenspatroon te kunnen maken is gebruik gemaakt van het voortschrijdend gemiddelde. In de onderstaande figuur is het effect van het gebruik van een voortschrijdend gemiddelde te zien. Vier periodes bleek een mooie parameter voor het gebruik van het voortschrijdende gemiddelde, bij minder periodes bleek de grafiek nog zeer grillig en bij meer periodes verloor de grafiek onnodig haar vorm.



Figuur 17: Het effect van het toepassen van het voortschrijdende gemiddelde

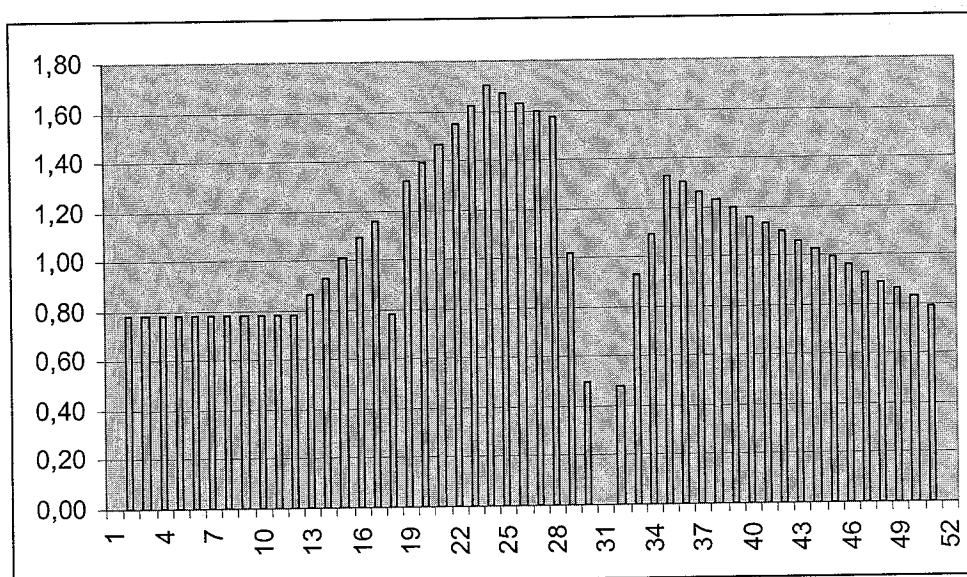
Door zowel gebruik te maken van het voortschrijdende gemiddelde en het corrigeren voor de zaken in de jaarindeling (de eerste en laatste week van het jaar, Hemelvaart en de bouwvakantie, waarbij de laatste twee zaken elk jaar in andere weken vallen) werd het in figuur 18 staande patroon gevonden. Dit patroon is aangenomen als het seizoenspatroon.



Figuur 18: Het gevonden seizoenspatroon exclusief de significante zaken in de jaarindeling (de vraag per week is uitgedrukt in de gemiddelde weekvraag⁴⁰)

Stap 4: Kwantificeren van het seizoenspatroon

Voor de simulatie is gekozen om de jaarindeling van het jaar 2004 te gebruiken. De laatste figuur van stap 3 krijgt dan de vorm die is weergegeven in de onderstaande figuur.



Figuur 19: Het seizoenspatroon met de jaarindeling van 2004. De vraag per week is uitgedrukt in de gemiddelde weekvraag

In tabel 17 hieronder zijn de gevonden waarden gegeven per week.

⁴⁰ Waarbij de gemiddelde weekvraag is gebaseerd op het seizoenspatroon inclusief de significante zaken met de jaarindeling van het jaar 2004.

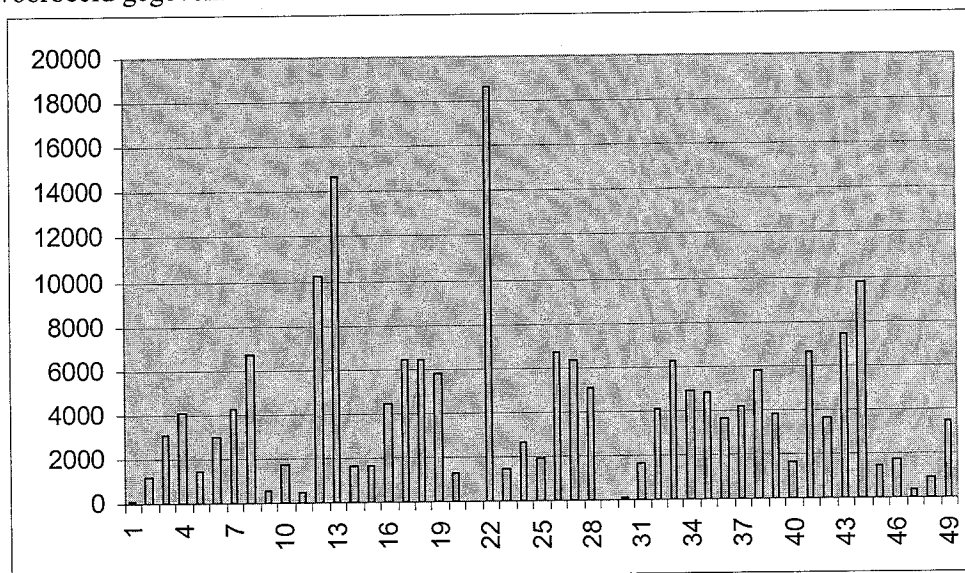
Tabel 17: Het seizoenseffect met de jaarindeling van 2004 gekwantificeerd

weeknummer	periodecoëfficiënt	weeknummer	periodecoëfficiënt	weeknummer	periodecoëfficiënt
1	0	19	1,32	37	1,26
2	0,78	20	1,39	38	1,23
3	0,78	21	1,47	39	1,20
4	0,78	22	1,55	40	1,16
5	0,78	23	1,62	41	1,13
6	0,78	24	1,70	42	1,10
7	0,78	25	1,67	43	1,06
8	0,78	26	1,63	44	1,03
9	0,78	27	1,60	45	0,99
10	0,78	28	1,57	46	0,96
11	0,78	29	1,53	47	0,93
12	0,78	30	1,50	48	0,89
13	0,86	31	1,47	49	0,86
14	0,93	32	1,44	50	0,83
15	1,01	33	1,40	51	0,79
16	1,09	34	1,36	52	0
17	1,16	35	1,33		
18	1,24	36	1,30		

De periodecoëfficiënt is uitgedrukt in de gemiddelde weekvraag. In bijlage 13 onder punt 6 is deze gedefinieerd als de periodecoëfficiënt $pc(m)$.

4. Het bepalen van de toepasselijke kansverdeling

De vraag per variant per week bleek een grimmig verloop te hebben. In figuur 20 hieronder is een voorbeeld gegeven.



Figuur 20: Verloop van de vraag naar de variant Opnieuw Verbeterde Holle Bruin Engobe

Het grimmige verloop van de vraag, zoals in de bovenstaande figuur zichtbaar is, leent zich voor een Poissonverdeling. De Poissonverdeling is een kansverdeling die vaker wordt gebruikt bij het modelleren van vraag. De Poissonverdeling treedt op als limietgeval van de binominale verdeling. Een eenvoudige interpretatie van de Poissonverdeling is dat er veel mogelijke klanten zijn met

een zeer geringe kans per periode per klant dat het product besteld wordt. Hierbij is de aanname dat de klanten onafhankelijk van elkaar bestellen.

Een aflevering van een variant bestaat gewoonlijk uit meerdere pannen. Pannen worden in principe in veelvoud van een pallet geleverd, waarbij een pallet 256 pannen bevat. Bij het bepalen van de toepasselijke parameter μ is impliciet de aanname gedaan dat er zoiets als een gemiddelde ordergrootte per variant per klant bestaat waarmee de Poissonwaarde (het aantal klanten dat in een periode bestelt) voor een periode moet worden vermenigvuldigd om de vraag in aantallen pannen te bepalen voor die periode. Hierbij wordt specifiek benadrukt dat, zoals eerder vermeld, de afleverdata als uitgangspunt genomen zijn. Grote projecten kennen gewoonlijk meerdere aflevermomenten⁴¹ waardoor de afleveringen van de grote projecten toch verondersteld kunnen worden in lijn te zijn met de afleveringen van kleine projecten.

De varianten bleken onderling nogal te verschillen, de gemiddelde vraag per periode en de standaarddeviatie zijn daarom per variant in kaart gebracht. Hieronder wordt de samenhang tussen de standaarddeviatie per pan, de gemiddelde vraag per periode en de gemiddelde ordergrootte per klant per periode besproken.

Zoals eerder besproken is in de aanpak impliciet verondersteld dat er zoiets als een gemiddelde ordergrootte per variant (de variant is aangegeven met i,j) per klant bestaat, deze wordt gedefinieerd als b_{ij} . De vraag wordt weergegeven met $d_{ij}(t)$ (waarbij de t de periode aangeeft en i,j de variant) en de gemiddelde vraag naar die variant met d_{ij} waarbij geldt dat $d_{ij} = b_{ij} * \mu_{ij}$. Met behulp van de twee onderstaande regels wordt uitgelegd hoe met behulp van de variantie van $d_{ij}(t)$ en het gemiddelde d_{ij} de parameter μ_{ij} te bepalen is.

- A. De parameter μ van de Poissonverdeling is gelijk aan zowel de verwachtingswaarde als de variantie.
- B. De variantie van a keer een stochast gelijk is aan a^2 keer de variantie van die stochast. Hierbij word b_{ij} als constante beschouwd. Indien het model niet valide blijkt dan kan dat hieraan liggen. De validiteit wordt besproken bij punt acht.

De stochast $e_{ij}(t)$ die het aantal klanten dat bestelt per periode weergeeft is dan gelijk aan $d_{ij}(t) / b_{ij}$. Voor deze Poissonstochast geldt dat deze een verwachtingswaarde heeft van μ_{ij} en tevens een variantie van μ_{ij} (zie regel A). Voor de stochast d_{ij} geldt dat de verwachtingswaarde $b_{ij} * \mu_{ij}$ is.

$$\begin{array}{l}
 \text{(1) } \mu_{ij} = \text{VAR}(d_{ij}(t)) / b_{ij}^2 \\
 \text{VAR}(d_{ij}(t)) = \text{VAR}(b_{ij} * e_{ij}(t)) \\
 \text{VAR}(d_{ij}(t)) = b_{ij}^2 * \text{VAR}(e_{ij}(t)) \\
 \text{VAR}(d_{ij}(t)) = b_{ij}^2 * \mu_{ij}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 d_{ij} = b_{ij} * \mu_{ij} \\
 b_{ij} = d_{ij} / \mu_{ij} \\
 b_{ij} = d_{ij} / (\text{VAR}(d_{ij}(t)) / b_{ij}^2) \\
 b_{ij} = d_{ij} * b_{ij}^2 / \text{VAR}(d_{ij}(t)) \\
 \text{(2) } b_{ij} = \text{VAR}(d_{ij}(t)) / d_{ij}
 \end{array}$$

Met behulp van formule 1 en formule 2 zijn de b_{ij} en de μ_{ij} te bepalen met behulp van de variantie en het gemiddelde van de vraag naar een variant.

5. De opzet van de vraaggenerator

In de vraaggenerator zijn drie factoren verwerkt, namelijk:

- het seizoenspatroon zoals gevonden bij punt drie
- de toepasselijke kansverdeling zoals gevonden bij punt vier
- het weerseffect

⁴¹ Woningbouw projecten worden vaak in fases opgeleverd waarbij de huizen per fase worden opgeleverd. Het dakdekken van de huizen per fase gebeurt ook vaak in verschillende weken.

$$d_{ij}(t) = b_{ij} * e_{ij}(t) * spc(t)$$

waarbij: $b_{ij} = d_{ij} / \mu_{ij}$
 $spc(t) = pc(m) * swe(t)$

Het probleem bij deze opzet is dat de parameters voor de drie factoren lastig afzonderlijk te bepalen zijn. Om de factoren toch te kunnen bepalen is aangenomen dat de factor weerseffect weinig invloed heeft; de gemiddelde weersomstandigheden per week zitten namelijk al verwerkt in het seizoenspatroon. De planningen voor het dakdekken in de bouw hangen niet af van korte termijn weersvoorspellingen.

De vermenigvuldiging van de stochast $e_{ij}(t)$ met de periodecoëfficiënten heeft als gevolg dat de variantie toeneemt met 27% toeneemt. Bij punt zes dient hier rekening mee gehouden te worden bij het toepassen van de formule 1 en 2 van punt vier.

6. Bepalen van de parameters voor de vraaggenerator

Bij punt vijf is aangenomen dat het effect van de factor weerseffect gering is. Om deze reden worden de parameters voor b_{ij} en u_{ij} bepaald zonder rekening te houden met de parameter weerseffect. De variantie per variant komt dan overeen met de werkelijke variantie per pan. Het verschil in de variantie van de totale vraag naar alle varianten wordt daarna toegeschreven aan de factor weerseffect. De factor weerseffect wordt aangenomen klein te zijn, indien deze factor niet klein is klopt de variantie per variant namelijk niet meer (door de vermenigvuldigingen in de formule bij punt vijf).

Met behulp van formule 1 en 2 van punt vier en de kennis dat de variantie door de vermenigvuldiging met periodecoëfficiënten 27% toeneemt zijn de μ_{ij} en de b_{ij} per variant bepaald. Het jaar 2003 is gebruikt in de berekeningen, de gegevens van 2001 en 2002 zijn hier niet gebruikt omdat de verdeling over de varianten in deze jaren anders was en er varianten zijn bijgekomen en vervallen. In tabel 18 zijn de gevonden waarden weergegeven. Voor het nieuwe type OVH+ zijn geen historische gegevens bekend, de getallen in de tabel zijn daarom schattingen in overleg met Afnemersservice en de Productieplanner, verantwoordelijk voor de planning. De artikelnummers in de tabellen komen overeen met de SAP artikelnummers, in bijlage vijf is een overzicht van de artikelnummers van de Linglijn opgenomen.

Tabel 18: De d_{ij} en u_{ij} per variant

OVH	16549	22981	18642	22934	16611	16641	16518	16803	16676	16708	16739	21054
d_{ij}	[Redacted]											
μ_{ij}	[Redacted]											
VH	16155	16184	16041	16464	16258	23134	16291	16349	16377	16405	16434	21974
d_{ij}	<NOD B 14.1>											
μ_{ij}	[Redacted]											
Renova	20264	20194	18725	18724	18726	23894	20644					
d_{ij}	[Redacted]											
μ_{ij}	[Redacted]											
OVH+	zwart 1	zwart 2	rood									
d_{ij}	[Redacted]											
μ_{ij}	[Redacted]											

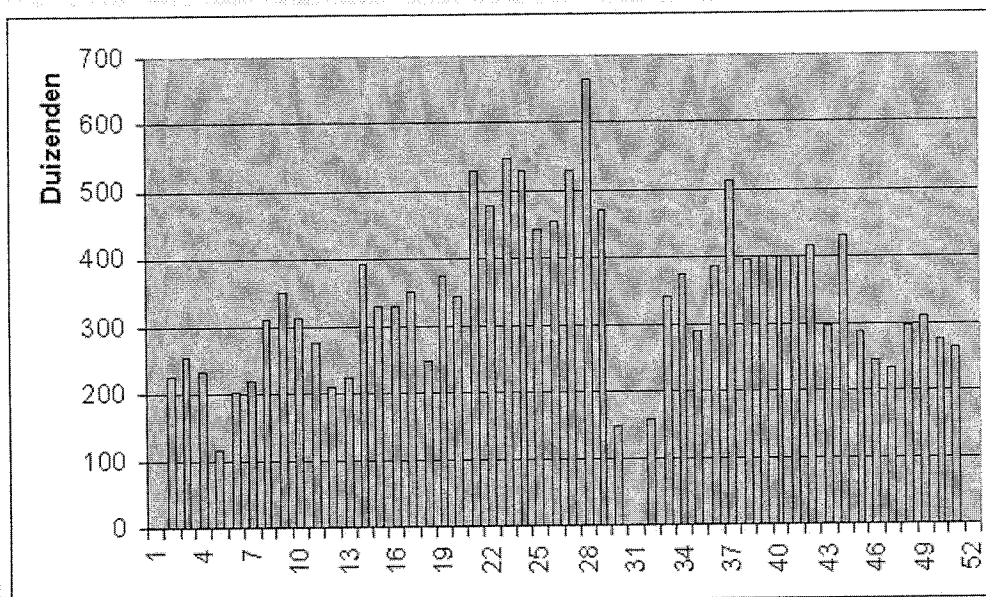
Na het bepalen van de d_{ij} en u_{ij} per variant is de werkelijke vraag van 2003 vergeleken met de voorspelling van het model. Hierbij is aangenomen dat de factor weerseffect normaal verdeeld is met een gemiddelde van 0 en een standaarddeviatie van a . Middels trial and error is de waarde van 0,05 bepaald voor a . Bij deze waarde is de variantie van de totale vraag van 2003 gelijk aan

de variantie van de vraagvoorspelling van 2003. De kleine waarde van 0,05 bevestigt de aanname dat het effect van de factor weerseffect gering is.

7. Validatie van de vraaggenerator

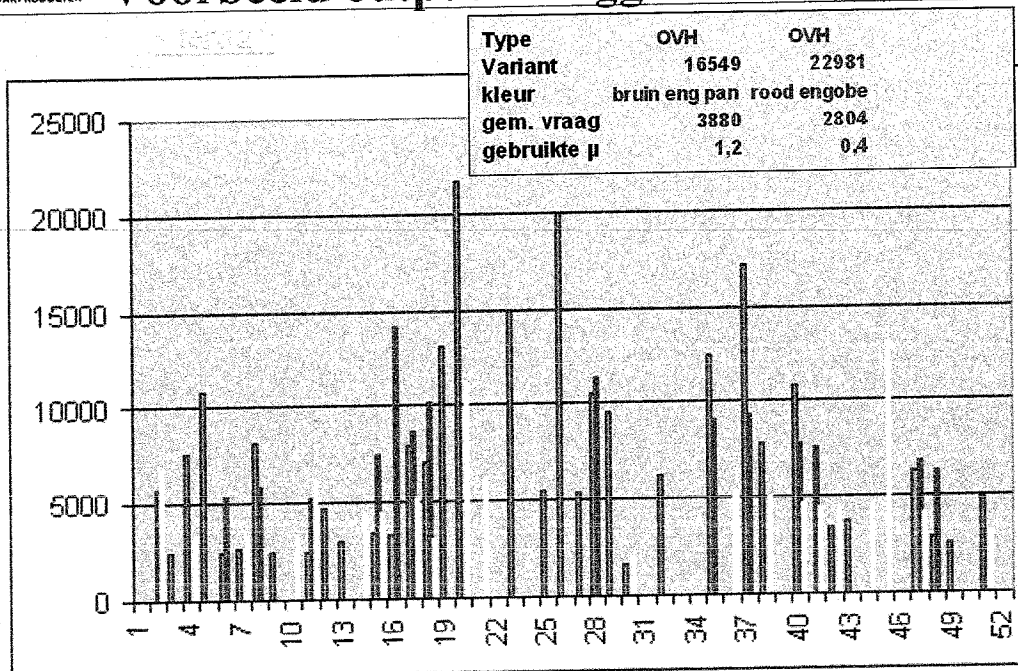
Zoals reeds gemeld bij punt zes is de werkelijke vraag van het jaar 2003 gemodelleerd met behulp van de opgezette vraaggenerator. Hierbij bleek de variantie per variant, per type en van het totaal overeen te komen met de werkelijkheid. Visueel is de per week voorspelde vraag gevalideerd met het Hoofd Afnemersservice en tevens zijn de vraagpatronen van tien varianten vergeleken met de werkelijkheid. De resultaten van de visuele controles waren bevredigend.

In de figuur 21 en 22 zijn voorbeelden van de output van de vraaggenerator te zien zoals gebruikt op de tussentijdse presentatie



Voorbeeld: Grafiek van totale vraag in een jaar

Figuur 21: Voorbeeld van de output van de vraaggenerator



Voorbeeld: Grafiek van vraag drie varianten in een jaar

01 december 2004

Tussentijdse presentatie Robbert van Vught

sheet 31 van 26

Figuur 22: Voorbeeld van de output van de vraaggenerator

8. Beperkingen van de vraaggenerator

Bij dit laatste punt van deze bijlage worden de beperkingen van de ontworpen vraaggenerator besproken. De eerste twee beperkingen die hier aan bod komen hebben een gemeenschappelijke grondslag, namelijk dat het model statisch is.

Beperking 1:

De vraaggenerator neemt geen trends mee. In de werkelijkheid is de gemiddelde vraag naar een variant niet constant, de ene variant vertoont een positieve trend en de andere een negatieve trend. Zo bestaat het extreme voorbeeld dat in 2003 de kleur Blauw Glanzend Verglaasd heel populair was terwijl in 2004 de vraag naar die kleur meer dan gehalveerd werd. Het relatief nieuwe type Renova vertoont ook een positieve trend ten opzichte van de types VH en OVH. De vraaggenerator neemt deze trends niet mee.

Beperking 2:

In de werkelijkheid hebben de dakpanvarianten wisselende varianties. De vraaggenerator gaat uit van een vaste variantie per dakpanvariant. De variantie van de dakpanvariant bepaalt het vraagpatroon, samen met de gemiddelde vraag naar die bepaalde dakpanvariant. De vraaggenerator houdt geen rekening met wisselende varianties.

Beperking 3:

Het model gaat uit van hetzelfde seizoenspatroon voor de alle dakpanvarianten van de Linglijn. Een klein aantal van deze varianten, de OVH en VH in de kleuren Gitzwart Glanzend Verglaasd en Zwart Glanzend Verglaasd, wordt ook naar Scandinavië geëxporteerd. Het deel van de vraag dat naar Scandinavië wordt getransporteerd kent waarschijnlijk een ander seizoenspatroon, in Scandinavië worden in de winter relatief minder daken bedekt dan in Nederland en daarom

worden er naar verwachting in de winter minder pannen geëxporteerd dan volgens het bij punt vier gevonden seizoenspatroon verwacht zou worden. De vraaggenerator maakt geen onderscheid naar varianten die wel en varianten die niet geëxporteerd worden. Bij de visuele validatie is wel ook naar de varianten die geëxporteerd worden gekeken.

Bijlage 15: Modelverificatie met deterministische data

Het simulatiemodel is geverifieerd met behulp van deterministische data. In deze bijlage is hiervan een voorbeeld opgenomen. Deze bijlage vormt daarmee een aanvulling op de verificatie die aan bod komt in paragraaf 5.4.

Verificatie van de benodigde cyclusvoorraad

In bijlage 12 wordt ingegaan op het verband tussen het aantal types en de cyclusvoorraad. Uit deze bijlage blijkt dat in een situatie met vier types, die elk een even grote vraag per periode kennen, de totale cyclusvoorraad 1,5 keer zo groot is als de totale vraag per periode. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat de productie in een periode gebruikt kan worden om vraag in die periode uit te leveren.

Van het simulatiemodel is een variant gemodelleerd met:

- 50 jaar looptijd, 52 perioden per jaar
- 52 productieweken per jaar (geen vakanties) en geen weken waarin alleen natuurrood geproduceerd mag worden
- vier types (situatie 2005)
- in totaal 34 varianten (zoals de huidige situatie: type VH 12 varianten, type OVH 12 varianten, type Renova 7 varianten en type OVH+ 3 varianten)
- de totale vraag per type per periode constant en even groot per type (84 eenheden per periode)
- de vraag per variant binnen een type per periode constant en even groot per variant (7 eenheden per periode per variant voor de types VH en OVH, 12 eenheden per periode per variant voor type Renova en 28 eenheden per periode per variant voor type OVH+)
- geen weerseffect (weersfactor = 0)
- geen seizoenspatroon, alle weekcoëfficiënten zijn 1
- de normproductie per type gelijk en even groot als de totale vraag per periode (336 eenheden per periode)
- een CapaciteitVraagVerhouding van 1

De benodigde voorraad volgens het model is 518 eenheden. Dit komt neer op 1,54 keer de totale vraag per periode.

Volgens de bijlage 12 is voor deze situatie 1,5 keer de vraag per periode nodig als cyclusvoorraad, volgens het model 1,54 keer de vraag per periode. Dit is een zeer bevredigend antwoord.

Overige verificaties met deterministische data

Soortgelijke verificaties zijn uitgevoerd voor het effect van de seriegrootte per type op de benodigde voorraad, het effect van het wijzigen van het aantal types en het effect van het seizoenspatroon. Deze tests gaven alle zeer bevredigende resultaten voor de definitieve modelformulering, met behulp van deze tests is tot de definitieve formulering gekomen zoals deze in bijlage 13 opgenomen is.

Bijlage 16: Aanpassingen voor Microsoft Excel

Zoals in paragraaf 5.3.1 is gemeld bracht de keuze voor Microsoft Excel twee consequenties met zich mee. De eerste aanpassing heeft betrekking op de formule van de Run-out Time en de tweede aanpassing op het gebruik van datasets met aselechte getallen.

1. De formule van de Run-out Time

Achtereenvolgens worden het probleem, de oplossing en de verificatie van de oplossing behandeld.

Probleem

Microsoft Excel selecteert bij het gebruik van de functie MIN meerdere waarden indien de kleinste waarde vaker voorkomt in de selectie. De functie MIN wordt gebruikt voor de typekiezer die het type dat in productie genomen zal worden bepaalt.

Oplossing

De oplossing is om te zorgen dat de Run-out Time waarden van de types uniek zijn zodat er nooit meerdere kleinste waarden bestaan.

De gemiddelde vraag naar elk type is uniek. De Run-out time is de theoretische voorraad gedeeld door de gemiddelde vraag (zie bijlage 13 punt 9 voor de formules en paragraaf 5.2.1 punt 9 voor de omschrijving). Het probleem dat meerdere kleinste waardes gekozen werden, met als gevolg dat de randvoorwaarde dat er maar één type tegelijk kan worden geproduceerd wordt geschonden, kon zich vooral voordoen indien de voorraad bij meerdere types 0 is. Om te voorkomen dat dan bij die types de Run-out Time ook nul is, is de formule van de Run-out Time aangepast. De aanpassing bestaat eruit dat de theoretische voorraad + 1 wordt gedeeld door de verwachtingswaarde van de vraag, in plaats van de theoretische voorraad gedeeld door de verwachtingswaarde van de vraag. De waarden liggen dan tussen de nul en de $1 \cdot 10^{-6}$ voor de types en deze waarden zijn nooit gelijk aan elkaar omdat de vraag voor geen enkel type gelijk is.

Verificatie van de oplossing

Bij elke modelrun is gecontroleerd dat er even vaak een type gekozen is door de typekiezer als dat er keuzemomenten waren ingebouwd waarop het model het type mocht kiezen. Dit bleek altijd het geval te zijn.

2. Het gebruik van aselechte datasets

Achtereenvolgens worden het probleem, de oplossing en de verificatie van de oplossing behandeld.

Probleem

Het bleek niet mogelijk om aselechte trekkingen uit een Poissonverdeling te verwerken in de formules binnen Excel.

Oplossing

Er zijn, met behulp van de invoegtoepassing Analysis Toolpack⁴², datasets met aselechte getallen aangemaakt. Hierbij is per variant de karakteristieke μ gebruikt die de Poissonverdeling definieert. De datasets bevatten per variant voor elke modelperiode een aselechte trekking. Indien het model gerund wordt met eenzelfde dataset zal de uitkomst exact hetzelfde zijn. Dit zou bij het gebruik van aselechte trekkingen niet kunnen gebeuren.

⁴² Onderdeel van Microsoft Excel 2000

Gekozen is om drie datasets te gebruiken en als uitkomst het gemiddelde te nemen van de uitkomst per dataset. Door het gebruik van meerdere datasets is de uitkomst niet gebonden aan een specifieke dataset.

Bij het onderzoeken van het effect van verschillende waarden voor de sturingsvariabelen, het onderwerp van hoofdstuk zes, zijn voor alle 27 scenario's dezelfde drie datasets gebruikt. Dit heeft als voordeel dat de verschillen in de benodigde verklaard kunnen worden met de gewijzigde waarden van de sturingsvariabelen. Indien niet dezelfde datasets gebruikt zouden worden had een verschil in de uitkomst het gevolg kunnen zijn van het verschil tussen de datasets. In totaal zijn er in Excel 81 scenario's gebouwd, de 27 scenario's met elk drie datasets. De verschillen tussen in de uitkomsten verschillen per scenario en variëren van 2% tot bijna 10% als gevolg van het gebruik van een andere dataset. Deze verschillen worden gezocht in het feit dat een puntmeting is gebruikt en niet het gemiddelde van de voorraad. De voorraad aan het einde van het jaar, de door het bedrijf gewenste uitvoervariabele, is namelijk een puntmeting.

Verificatie van de oplossing

Het model om de benodigde voorraad te bepalen, zie paragraaf 5.4, is met meer dan drie datasets gerund om zo te controleren of drie datasets wel voldoende is als benadering van aselecte trekkingen. Het gemiddelde van de drie datasets was gelijk aan het gemiddelde van tien datasets. Omdat het gemiddelde van de datasets niet veranderde bij het gebruik van meer dan drie datasets is aangenomen dat het gebruik van drie datasets voldoende is.

Bijlage 17: Het simulatiemodel en de ontworpen planningstool

Het gebruikte dynamische discrete stochastische steady-state model dat wordt besproken in hoofdstuk 5 en de ontworpen planningstool die wordt besproken in hoofdstuk 8 staan op de bijgevoegde cd.

Hier hoort een enveloppe te zitten die een cd met het model en de ontworpen planningstool bevat.

Bijlage 18: Het probleem van het modelleren van smet

In deze bijlage wordt aandacht besteed aan de problemen die naar voren kwamen tijdens pogingen om rekening te houden met het verschijnsel smet. Het verschijnsel smet is uiteindelijk niet meegenomen in het gebruikte simulatiemodel.

Indelen in groepen

In bijlage zes is de smetmatrix opgenomen met daarin de kleurwissels die problemen geven. Deze matrix is niet symmetrisch, de oven kent namelijk een schuifrichting. De smet blijft in de oven hangen, daardoor kan natuurrood wel voor zwart verglaasde pannen maar niet erna. Conceptueel zijn vier groepen te onderscheiden, namelijk:

- A. kleuren die zelf veel smet afgeven maar niet gevoelig zijn voor smet
- B. kleuren die zelf geen smet afgeven maar wel gevoelig zijn voor smet
- C. kleuren die zelf veel smet afgeven en ook gevoelig zijn voor smet
- D. kleuren die zelf geen smet afgeven en ook niet gevoelig zijn voor smet

Hierbij kan groep A en D na elke andere groep worden geproduceerd, groep B en C kunnen echter alleen na groep B en D worden geproduceerd.

Het eerste probleem bij het modelleren was dat de kleuren niet goed in te delen zijn in de groepen. Smet blijkt van een aantal interacties af te hangen waardoor de kleuren niet zonder extra beperkingen te groeperen zijn in de bovenstaande vier groepen.

De sleutelkleuren

De groep kleuren die niet gevoelig zijn voor smet en ook geen smet afgeven (groep D) zijn de sleutelkleuren. Deze kleuren zijn onmisbaar in de planning, anders kunnen de kleuren uit groep B en C niet worden geproduceerd als groep A in productie is geweest. In Tegelen is zwart engobe de enige kleur die inderdaad voor en na elke andere kleur kan. Meer dan de helft van de kleuren kan wel na een kleur die veel smet afgeeft, als die smetkleur niet indigo mat verglaasd, zwart mat verglaasd of gitzwart mat verglaasd is. De rode engobes (kopperrood, rood en rood rustiek) kunnen alleen na natuurrood of zwart engobe, dit zijn daarmee de meest lastige kleuren in de planning.

Problemen bij het kleurkiezen

Bij het vorige kopje is het belang van de sleutelkleuren benadrukt. Zwart engobe is de meest handige kleur in de planning. Naar deze kleur bestaat echter weinig vraag en deze kleur wordt alleen bij het type Renova en OVH+ geproduceerd.

De lage vraag naar sleutelkleuren blokkeren de mogelijkheid die kleur te kiezen die het minste op voorraad ligt (de voorraad uitgedrukt in de gemiddelde vraag naar die kleur), waarbij dan alleen kleuren mogen worden gekozen die toegestaan zijn na de huidige kleur. Indien er relatief veel voorraad van de sleutelkleuren ligt zullen de sleutelkleuren niet gekozen worden en zullen de kleuren uit groep B en C niet aan bod komen.

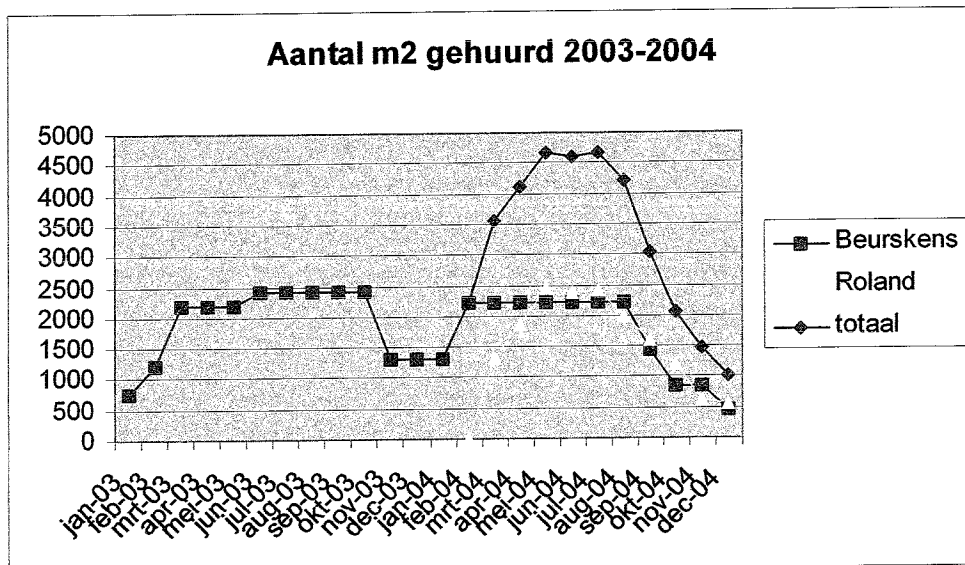
Het inbouwen van een vaste volgorde van kleuren per is evenmin handig omdat de beginkleur wisselt, afhankelijk van de variant die in productie was van het vorige type, niet elke variant geproduceerd hoeft te worden en de vaste volgorde nadelig kan uitpakken. De kleur die je als eerste wil produceren kan namelijk de laatste kleur van de vaste volgorde zijn.

De Productieplanner plant de kleuren middels een iteratief proces met behulp van trial and error. Deze werkwijze laat zich slecht modelleren, de vele randvoorwaarden geven vergen veel rekencapaciteit en er zijn geen bruikbare heuristieken bekend.

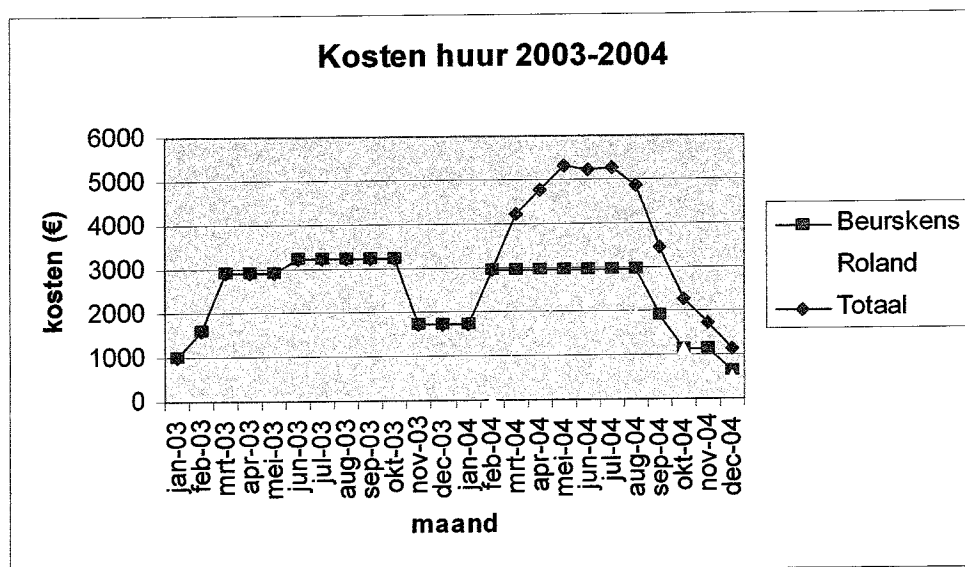
Bijlage 19: Het huren van extra opslagruimte

In deze bijlage zijn twee grafieken opgenomen, de eerste geeft het verloop weer van het aantal m² dat gehuurd is en de tweede grafiek geeft de kosten weer van het gehuurde terrein.

In de eerste grafiek is te zien dat ook in december 2004 nog ruimte werd gehuurd terwijl de voorraad toen wel op het tasveld paste. De reden hiervoor is dat het niet zinvol is om de pannen op het tasveld te plaatsen als ze niet nodig zijn, het verplaatsen van de pannen kost namelijk per pan meer geld dan enkele maanden huur. Om deze reden is in de berekening in paragraaf 8.2 ook uitgegaan van het hele jaar terreinhuur voor de verandering in de benodigde voorraad.



Figuur 23: Overzicht van het totaal aantal gehuurde vierkante meters

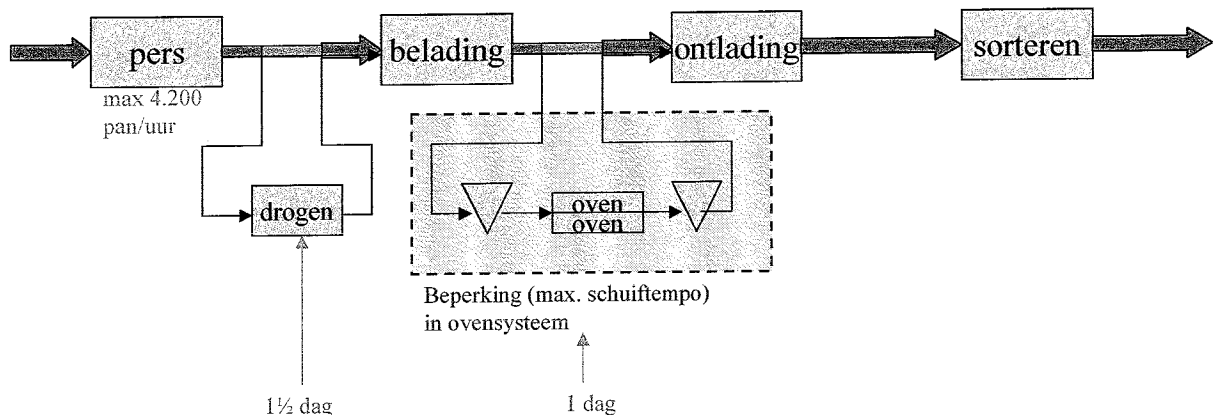


Figuur 24: Kosten huur van extra opslagruimte

Bijlage 20: Het ombouwen

In deze bijlage wordt ingegaan op het ombouwen van de Linglijn. Het ombouwen is nodig indien er van type gewisseld wordt.

In de onderstaande figuur zijn de vier grote machines van de Linglijn weergegeven. Deze stappen zijn allemaal gekoppeld⁴³, dat wil zeggen dat als er één machine stilligt dat dan alle vier de machines stilliggen.



Figuur 25: Weergave Linglijn

Het ombouwen bestaat uit vijf stappen, die hieronder besproken worden.

Stap 1: Het ombouwen van de pers.

Het is de bedoeling dat het ombouwen van de pers na een werkdag gebeurt zodat er hiervoor geen productietijd verloren gaat. Om twee redenen gebeurt dit niet geheel na werktijd:

5. Er wordt alleen gestart aan het ombouwen van de pers als er precies een gang van een droogkamer vol is. Zodoende komen de types pannen niet door elkaar. Een gang heeft een capaciteit van 3.456 pannen, het duurt 50 minuten (zonder tijd voor storingsen) om deze te persen. In de praktijk zal tot meer dan één uur voor het einde van de dag niet meer aan een nieuwe gang begonnen worden. De teamleider wil dan niet het risico lopen dat er overwerk nodig is om de gang dan nog vol te krijgen en daarna ook nog om te moeten gaan bouwen in overwerktijd. De teamleider besluit dan te beginnen met het ombouwen, waarbij de hele ploeg aanwezig blijft tot het einde van de reguliere werkdag.
6. Indien de buffer van ovenwagens met gebakken pannen voor de ontladingsmachine leeg is. Het niet aanwezig zijn van een buffer voor de ontladingsmachine heeft als gevolg dat de ontlading na het ontladen van een ovenwagen telkens minutenlang moet wachten tot er weer een ovenwagen beschikbaar komt voor ontleding. Dit heeft als gevolg dat de lijn slechts <NOD B 20.1> rendement kan halen in plaats van 100% bij geen storingsen. De teamleider redeneert dan dat er kan worden begonnen met ombouwen omdat er toch niet meer "lekker doorgewerkt" kan worden. Ook in dit geval zal de hele ploeg bij het ombouwen aanwezig blijven tot het einde van de reguliere werkdag.

Het ombouwen van de pers gebeurt door de teamleider van de laatste dienst, twee teamleden (deze mensen krijgen hiervoor overuren betaald) en één iemand van de Technische Dienst (de helft van de weken is er iemand die nachtdienst heeft, de overige helft is het overwerk). Het

⁴³ Er twee kleine buffers van beide 5 minuten, één tussen de pers en de belading en één tussen de belading en ontleding.

ombouwen van de pers (vervangen van de vormen een proefdraaien) neemt in de praktijk tot twee uur in beslag.

Stap 2: Het instellen van de richters

De dag na het ombouwen van de pers worden de richters bijgesteld. Dit gebeurt de ochtend na het ombouwen omdat hiervoor de gehele lijn bemand dient te zijn. In de praktijk wil dit een half uur productiestilstand opleveren. Dit instellen van de richters doen de teamleden zelf.

Stap 3: Het ombouwen van de beladingmachine

Twee dagen na het ombouwen van de pers moet de beladingmachine worden omgebouwd omdat het nieuwe type dan uit de droogkamers komt en naar de beladingmachine gaat. Dit ombouwen bestaat uit het laden van een ander besturingsprogramma. De machine dient eerst leeggedraaid te worden voordat deze kan worden omgebouwd. In de praktijk wil dit in totaal 25 minuten duren.

Stap 4: Het ombouwen van de ontladingsmachine

Een dag na het ombouwen van de beladingmachine moet de ontladingsmachine worden omgebouwd. De ontladingsmachine ombouwen kost in de praktijk eveneens 25 minuten.

Stap 5: Het ombouwen van de sorteringsmachine

Op dezelfde dag als het ombouwen van de ontladingsmachine moet ook de sorteringsmachine (ook wel inpakmachine genoemd) worden omgebouwd. Ook deze ombouwstap vergt 25 minuten.

In de praktijk komt het voor dat de laatste twee ombouwstappen drie keer of zelfs vijf keer moeten worden uitgevoerd in plaats van één keer. Dit komt dan doordat niet alle ovenwagens met het oude type pan bij de ontladingsmachine kunnen worden gerangeerd voordat de ovenwagens met het nieuwe type pan ervoor staan.

Bijlage 21: Het bepalen van het werkelijke ombouwverlies

In paragraaf 7.3 worden de ombouwkosten berekend. In deze ombouwkosten worden ook de kosten van het capaciteitsverlies als gevolg van het ombouwen meegenomen. In deze bijlage wordt ingegaan op de grootte van dit capaciteitsverlies en de significantie van dit verlies getoetst.

Opzet

Het doel van deze analyse is om periodes waarin omgebouwd is te vergelijken met periodes waarin niet omgebouwd is.

Hierbij wordt gekeken naar het jaar 2003 en het jaar 2004 tot de bouwvakantie. Er is geen gebruik gemaakt van de gegevens over de tijdsbestek vanaf de bouwvakantie in 2004 tot het einde van 2004 omdat er toen in een bijzondere situatie bestond met een aangepaste capaciteit. De gegevens van begin 2005 zijn niet gebruikt omdat er toen extra aanloopverliezen waren bij de introductie van het nieuwe type OVH+.

Als basisperiode is een week productie genomen. De keuze is op een week gevallen omdat het ombouwen meerdere dagen in beslag neemt (zie voor een toelichting van de verschillende ombouwmomenten de vorige bijlage).

De verzameling weken met ombouwen wordt vergeleken met de even grote verzameling weken zonder ombouwen. De verzameling weken zonder ombouwen bestaat uit de weken die vallen na een week met ombouwen. Beide verzamelingen zijn daarmee identiek wat betreft de aandelen van de verschillende types in productie bij de pers. Dit is een vereiste doordat de snelheid bij de pers verschilt per type (zie bijlage 8). Ook de verhouding weekdagen en weekenddagen is identiek, dit is een vereiste omdat het schuiftempo van de Lingl-oven in het weekend lager ligt door stilstand van de Hulpstukkenlijn.

De beide verzamelingen worden vergeleken aan de hand van het gemiddelde schuiftempo. Het betreft hier het schuiftempo van de Lingl-oven (het schuiftempo is het aantal ovenwagens per dag per oven, dit wordt in bijlage 7 toegelicht). Zoals in bijlage 8 wordt toegelicht zijn er een vast aantal wagens per werkdag voor de Hulpstukkenlijn, de variatie in het schuiftempo wordt toegewezen aan de Linglijijn. De Hulpstukkenafdeling bouwt dagelijks om en dit gaat niet ten koste van het vaste aantal wagens per dag.

In de periode van begin 2003 tot de bouwvakantie in 2004 is 17 keer omgebouwd in normale weken (geen weken bij het opstarten of uitzetten van de oven of met Kerst).

Berekening

<NOD B 21.1>

gemiddeld schuiftempo voor de verzameling weken zonder ombouwen:	**** ovenwagens per dag per oven
gemiddeld schuiftempo voor de verzameling weken met ombouwen:	**** ovenwagens per dag per oven
verschil in het schuiftempo per dag:	**** ovenwagens per dag per oven
verschil in het aantal ovenwagens per dag (beide ovens):	**** ovenwagens per dag
verschil in het aantal pannen per dag (***) pannen/wagen):	710 pannen per dag
verschil in het aantal pannen per week (7 dagen/week):	4970 pannen per week

Bijlage 21: Het bepalen van het werkelijke ombouwverlies

In paragraaf 7.3 worden de ombouwkosten berekend. In deze ombouwkosten worden ook de kosten van het capaciteitsverlies als gevolg van het ombouwen meegenomen. In deze bijlage wordt ingegaan op de grootte van dit capaciteitsverlies en de significantie van dit verlies getoetst.

Opzet

Het doel van deze analyse is om periodes waarin omgebouwd is te vergelijken met periodes waarin niet omgebouwd is.

Hierbij wordt gekeken naar het jaar 2003 en het jaar 2004 tot de bouwvakantie. Er is geen gebruik gemaakt van de gegevens over de tijdsbestek vanaf de bouwvakantie in 2004 tot het einde van 2004 omdat er toen in een bijzondere situatie bestond met een aangepaste capaciteit. De gegevens van begin 2005 zijn niet gebruikt omdat er toen extra aanloopverliezen waren bij de introductie van het nieuwe type OVH+.

Als basisperiode is een week productie genomen. De keuze is op een week gevallen omdat het ombouwen meerdere dagen in beslag neemt (zie voor een toelichting van de verschillende ombouwmomenten de vorige bijlage).

De verzameling weken met ombouwen wordt vergeleken met de even grote verzameling weken zonder ombouwen. De verzameling weken zonder ombouwen bestaat uit de weken die vallen na een week met ombouwen. Beide verzamelingen zijn daarmee identiek wat betreft de aandelen van de verschillende types in productie bij de pers. Dit is een vereiste doordat de snelheid bij de pers verschilt per type (zie bijlage 8). Ook de verhouding wekdagen en weekenddagen is identiek, dit is een vereiste omdat het schuiftempo van de Lingl-oven in het weekend lager ligt door stilstand van de Hulpstukkenlijn.

De beide verzamelingen worden vergeleken aan de hand van het gemiddelde schuiftempo. Het betreft hier het schuiftempo van de Lingl-oven (het schuiftempo is het aantal ovenwagens per dag per oven, dit wordt in bijlage 7 toegelicht). Zoals in bijlage 8 wordt toegelicht zijn er een vast aantal wagens per werkdag voor de Hulpstukkenlijn, de variatie in het schuiftempo wordt toegewezen aan de Linglijijn. De Hulpstukkenafdeling bouwt dagelijks om en dit gaat niet ten koste van het vaste aantal wagens per dag.

In de periode van begin 2003 tot de bouwvakantie in 2004 is 17 keer omgebouwd in normale weken (geen weken bij het opstarten of uitzetten van de oven of met Kerst).

Berekening

<NOD B 21.1>

gemiddeld schuiftempo voor de verzameling weken zonder ombouwen:	**** ovenwagens per dag per oven
gemiddeld schuiftempo voor de verzameling weken met ombouwen:	**** ovenwagens per dag per oven
verschil in het schuiftempo per dag:	**** ovenwagens per dag per oven
verschil in het aantal ovenwagens per dag (beide ovens):	**** ovenwagens per dag
verschil in het aantal pannen per dag (** pannen/wagen):	710 pannen per dag
verschil in het aantal pannen per week (7 dagen/week):	4970 pannen per week

Significantietoets

Door middel van een toetsingsprocedure is aangetoond dat het schuiftempo in de weken met ombouwen significant lager is dan in de weken zonder ombouwen.

Nulhypothese: de schuiftempo's zijn gelijk

Alternatieve hypothese: het schuiftempo in de weken met ombouwen ligt lager

Aanname: de varianties van beide verzamelingen zijn onbekend en mogelijk ongelijk aan elkaar.

Het aantal vrijheidsgraden is berekend: $\nu = 32,38$.

Het aantal vrijheidsgraden afgerond naar beneden (dit geeft minder kans op verwerpen van de nulhypothese) : $\nu = 32$.

De *Student t*-toetingswaarde: $t_0 = -4,888$

Betrouwbaarheid: 99,9% $\rightarrow \alpha = 0,001$

$t_{\alpha, \nu}: t_{0,001;32} = 3,365$

$t_{0,001;32} < -t_0$? $\rightarrow -4,888 < -3,365$ Klopt \rightarrow nulhypothese verwerpen en alternatieve hypothese aannemen met 99,9% betrouwbaarheid.

Met behulp van deze toetsingsprocedure is aldus met 99,9% betrouwbaarheid geconcludeerd dat het ombouwverlies significant is.

Bijlage 22: De planningstool

Ter ondersteuning van de planning van de typewissels in een jaar is een planningstool ontworpen. In hoofdstuk 8 wordt deze planningstool besproken. Op de cd in bijlage 17 is deze planningstool ook digitaal beschikbaar. Deze bijlage bestaat uit vier figuren met daarin de schermen van de planningstool.

De gebruikte waarden voor de normproductie per type, de sommen van de standaardafwijkingen per type, de verhouding van de vraag over de types en budgetten zijn **fictief** daar dit concurrentiegevoelige data betreft.

De figuren staan op de volgende bladzijden.

Week	Productie				Beginvoorraad (x1.000)				c. c. check voorraad s. c. sommatie control
	VH	OVH	Renova	OVH+	VH	OVH	Renova	OVH+	
1	1				1.150	800	1.200	700	
2	1				1.760	800	1.200	700	
3	1				2.214	722	1.075	653	
4		1			2.668	644	951	607	
5		1			2.513	1.156	826	560	
6			1		2.357	1.668	702	513	
7			1		2.201	1.591	1.137	466	
8				1	2.045	1.513	1.572	420	
9				1	1.890	1.435	1.448	913	
10	1				1.734	1.357	1.323	1.406	
11	1				2.188	1.279	1.198	1.359	
12	1				2.642	1.201	1.074	1.313	
13	1				3.097	1.123	949	1.266	
14			1		3.535	1.037	812	1.214	
15			1		3.349	945	1.223	1.159	
16				1	3.147	844	1.622	1.098	
17				1	2.930	735	1.448	1.573	
18	1				2.698	619	1.262	2.043	
X-19	1				3.152	541 X	1.138	1.997	FOUTmelding
X-20	1				3.499	409 X	927	1.918	FOUTmelding
X-21	1				3.831	271 X	705	1.834	FOUTmelding
X-22		1			4.148	124 X	470 X	1.746	FOUTmelding
X-23		1			3.838	559 X	222 X	1.653	FOUTmelding
X-24		1			3.514	987	36 X	1.556	FOUTmelding
X-25			1		3.175	1.407	308 X	1.454	FOUTmelding
X-26			1		2.841	1.241	-15 X	1.354	FOUTmelding
X-27	1				2.516	1.078	285 X	1.257	FOUTmelding
X-28	1				2.806	918	29 X	1.161	FOUTmelding
X-29	1				3.103	761	-222 X	1.067	FOUTmelding
X-30					3.509	660	385 X	1.006	FOUTmelding
X-31					3.409	610	465 X	976	FOUTmelding
X-32					3.409	610	465 X	976	FOUTmelding
X-33					3.313	562	541 X	947	FOUTmelding
X-34	1				3.128	469 X	-690 X	891	FOUTmelding
X-35	1				3.520	360 X	-864 X	826	FOUTmelding
X-36		1			3.864	227 X	-1.076 X	746	FOUTmelding
X-37		1			3.605	687 X	-1.284 X	668	FOUTmelding
X-38			1		3.353	1.152	-1.485 X	593	FOUTmelding
X-39			1		3.108	1.029	-1.122 X	519	FOUTmelding
X-40			1		2.868	909	-754 X	447 X	FOUTmelding
X-41			1		2.636	793	-379 X	378 X	FOUTmelding
X-42				1	2.411	680	0 X	310 X	FOUTmelding
X-43				1	2.191	570 X	-175 X	784	FOUTmelding
X-44		1			1.979	465 X	345 X	1.261	FOUTmelding
X-45		1			1.774	952	509 X	1.199	FOUTmelding
X-46			1		1.576	1.443	-667 X	1.140	FOUTmelding
X-47			1		1.384	1.347	-261 X	1.082	FOUTmelding
X-48			1		1.198	1.254	151 X	1.027	FOUTmelding
49			1		1.021	1.165	569	973	
50	1				849	1.079	991	922	
51	1				1.293	997	859	872	
52	1				1.745	918	732	825	

Figuur 26: Het planningsscherm van de ontworpen planningstool

INPUT														
Seizoenspatroon coëfficiënt	week 1	week 2	week 3	week 4	week 5	week 6	week 7	week 8	week 9	week 10	week 11	week 12	week 13	week 14
	0,00	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,86	0,93
	week 15	week 16	week 17	week 18	week 19	week 20	week 21	week 22	week 23	week 24	week 25	week 26	week 27	week 28
	1,01	1,09	1,16	0,78	1,32	1,39	1,47	1,55	1,62	1,70	1,67	1,63	1,60	1,57
	week 29	week 30	week 31	week 32	week 33	week 34	week 35	week 36	week 37	week 38	week 39	week 40	week 41	week 42
	1,02	0,50	0,00	0,48	0,93	1,09	1,33	1,30	1,26	1,23	1,20	1,16	1,13	1,10
	week 43	week 44	week 45	week 46	week 47	week 48	week 49	week 50	week 51	week 52				
	1,06	1,03	0,99	0,96	0,93	0,89	0,86	0,83	0,79	0,00				
	pannen / 52 perioden										som:	52,00		
	Initieel Budget	27.000.000												
Verhouding over de types	VH	10	38%											
	OVH	5	19%											
	Renova	8	31%											
	OVH+	3	12%											
				100%										
Normproductie per week	VH	610.000	pannen / periode											
	OVH	590.000	pannen / periode											
	Renova	560.000	pannen / periode											
	OVH+	540.000	pannen / periode											
Initiele voorraad	VH	1.150.000	pannen											
	OVH	800.000	pannen											
	Renova	1.200.000	pannen											
	OVH+	700.000	pannen											
				3.850.000 pannen totaal										
SOM SD	VH	185.000	x	5,0										
	OVH	110.000	x	5,0										
	Renova	90.000	x	5,0										
	OVH+	78.000	x	5,0										
Veiligheidsvoorraad basis				=	925.000									
parameter				=	560.000									
				=	450.000									
				=	390.000									
Planningsruimtefactor				1,2	Planningsruimte kritisch!!!									

Gele vakken zijn wijzigbaar, grijze vakken niet (die zijn afgeleid van gele vakken)

Figuur 27: Inputscherm van de ontworpen planningstool

Budgetwijziging

week	revisie?	Nieuw budget	25.000.000 pannen		
1	1				
2	1				
3	1				
4	1				
5	1				
6	1				
7	1				
8	1				
9	1				
10	1				
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					
41					
42					
43					
44					
45					
46					
47					
48					
49					
50					
51					
52					

Gerealiseerde afzet		<i>op jaarbasis</i>		Voorraadpositie*	
VH	1.300.000	9.629.630	VH	2.300.000	
OVH	600.000	4.444.444	OVH	1.360.000	
Renova	950.000	7.037.037	Renova	1.300.000	
OVH+	385.000	2.851.852	OVH+	1.400.000	
<i>totaal</i>	3.235.000	23.962.963			

Aantal weken verstreken: 10

De weken die die niet meer voorspeld moeten worden aangeven met een "1".
De weken die wel voorspeld worden niet invullen of met waarde "0".

* Aan het einde van de periode, dus aan het begin van de eerstvolgende periode

Gele vakken zijn wijzigbaar, grijze vakken niet (die zijn afgeleid van gele vakken).

Figuur 28: Invoerscherm ten behoeve van budgetwijzigingen

<>NB. Er is een budgetwijziging actief, aantal weken historie: 10

Week	Productie				Beginvoorraad (x1.000)				c. c. check voorraad s. c. sommatie control
	VH	OVH	Renova	OVH+	VH	OVH	Renova	OVH+	
1	1				nvt 1.150	nvt 800	nvt 1.200	nvt 700	
2	1				nvt 2.300	nvt 1.380	nvt 1.300	nvt 1.300	
3	1				nvt 2.300	nvt 1.380	nvt 1.300	nvt 1.300	
4		1			nvt 2.300	nvt 1.380	nvt 1.300	nvt 1.300	
5		1			nvt 2.300	nvt 1.380	nvt 1.300	nvt 1.300	
6			1		nvt 2.300	nvt 1.380	nvt 1.300	nvt 1.300	
7			1		nvt 2.300	nvt 1.380	nvt 1.300	nvt 1.300	
8				1	nvt 2.300	nvt 1.380	nvt 1.300	nvt 1.300	
9				1	nvt 2.300	nvt 1.380	nvt 1.300	nvt 1.300	
10	1				nvt 2.300	nvt 1.380	nvt 1.300	nvt 1.300	
11	1				2.300	1.380	1.300	1.300	
12	1				2.754	1.302	1.175	1.253	
13	1				3.208	1.224	1.051	1.207	
14			1		3.647	1.138	913	1.155	
15			1		3.461	1.045	1.325	1.099	
16				1	3.259	945	1.723	1.039	
17				1	3.042	836	1.549	1.513	
18	1				2.810	720	1.364	1.984	
X-19	1				3.264	642 X	1.239	1.937	FOUTmelding
X-20	1				3.611	510 X	1.028	1.858	FOUTmelding
X-21	1				3.943	371 X	806	1.775	FOUTmelding
X-22		1			4.259	225 X	572 X	1.687	FOUTmelding
X-23		1			3.950	660 X	324 X	1.594	FOUTmelding
X-24		1			3.626	1.088	65 X	1.497	FOUTmelding
X-25			1		3.287	1.508	207 X	1.395	FOUTmelding
X-26			1		2.953	1.342	87 X	1.295	FOUTmelding
X-27	1				2.628	1.179	386 X	1.197	FOUTmelding
X-28	1				2.918	1.019	131 X	1.101	FOUTmelding
X-29	1				3.215	862	-120 X	1.007	FOUTmelding
X-30					3.621	761	-283 X	946	FOUTmelding
X-31					3.521	711	-363 X	916	FOUTmelding
X-32					3.521	711	-363 X	916	FOUTmelding
X-33					3.425	663	-440 X	888	FOUTmelding
X-34	1				3.240	570 X	-588 X	832	FOUTmelding
X-35	1				3.632	461 X	-762 X	767	FOUTmelding
X-36		1			3.976	328 X	-975 X	687	FOUTmelding
X-37		1			3.717	788	-1.183 X	609	FOUTmelding
X-38			1		3.465	1.253	-1.384 X	534	FOUTmelding
X-39			1		3.219	1.130	-1.020 X	460 X	FOUTmelding
X-40			1		2.980	1.010	-652 X	388 X	FOUTmelding
X-41			1		2.748	894	-277 X	318 X	FOUTmelding
X-42				1	2.523	781	102 X	251 X	FOUTmelding
X-43				1	2.303	671	-74 X	725	FOUTmelding
X-44		1			2.091	566 X	-243 X	1.201	FOUTmelding
X-45		1			1.885	1.053	408 X	1.140	FOUTmelding
X-46			1		1.688	1.544	-566 X	1.080	FOUTmelding
X-47			1		1.496	1.448	-159 X	1.023	FOUTmelding
X-48			1		1.310	1.355	252 X	967	FOUTmelding
49			1		1.133	1.266	670	914	
50	1				961	1.180	1.093	862	
51	1				1.405	1.098	960	813	
52	1				1.857	1.019	834	765	

Figuur 29: Planningscherm met budgetwijziging

*Ability is what you're capable of doing.
Motivation determines what you do.
Attitude determines how well you do it.*

[Raymond Chandler, American Writer, 1888 – 1959]