

MASTER

Energie, duur of duurzaam

energiebesparing bij Van Dam Golfkarton B.V. te Helmond

Raaphorst, Marcel

Award date:
1995

[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



Energiebesparing bij Van Dam Golfkarton B.V. te Helmond

Afstudeerrapport

Marcel Raaphorst
Identiteitsnummer 310009
Faculteit Technische Bedrijfskunde
Technische Universiteit Eindhoven
Eindhoven, oktober 1995.

Bedrijfsbegeleider: W. de Poorter
Begeleiders TUE: Ir M.A.M. Splinter
Dr G.J.K. Regterschot
Prof. Ir J. Claus

Abstract

This thesis is about a research conducted in a corrugated board plant. It is focused on the causes of a high energy use per 1000 square meter corrugated board. For the research a model is set up that classifies these causes into five groups. A different action for each group should be executed to look for means to save energy.

Summary

Van Dam Corrugated Board Ltd. in Helmond, The Netherlands, is a subsidiary company of the KNP BT-concern. It produces boxes and other corrugated board products. Compared to other Dutch corrugated board factories, Van Dam has spent 50% more money for energy per 1000 square meters corrugated board. The purpose of this research is to reduce this high specific energy use. In this summary first an introduction will be given about the factory of Van Dam. Then a model will be explained that can be used as a guide to find energy saving measures.

The Van Dam factory

In the corrugating machine, corrugated board plates are made out of paper and glue. For corrugating, glueing and drying, a lot of energy is necessary. The thermal energy is supplied by steam and the labour is supplied by electricity and compressed air.

In the processing machines, the corrugated board plates are processed to the final product. The final product is transported to the expedition, from where it will be distributed to the clients.

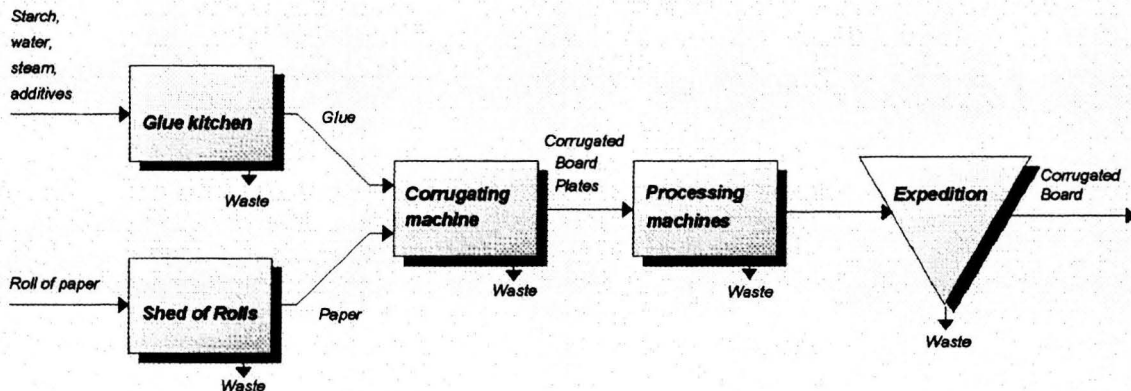


Figure 1 Diagram goods flow

The investigation

To know how to reduce the specific energy use, more knowledge of the current energy use and of the costs of energy saving measures is needed. That is why a model is created, that can be used as a guide for looking for the causes of a high specific energy use. This model classifies the causes into five categories: Buildings, Machines, Methods, Materials and People. Next figure shows the Cause & Effect Diagram, which contains the causes in the five categories.

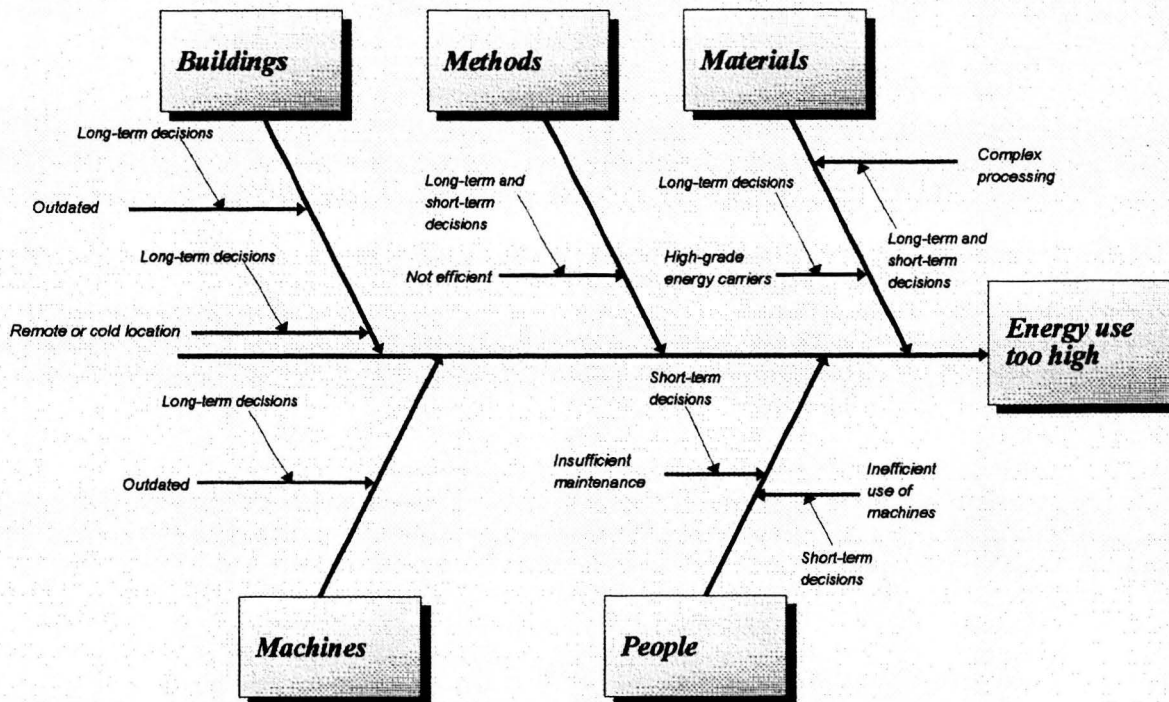


Figure 2 The Cause & Effect Diagram

Buildings concerns the maintenance of the indoor climate and the need of transport. The location of the factory influences both:

1. Some locations have a milder climate than others.
2. If the location is far away from the clients and suppliers, the need for external transport is high.

The buildings are outdated if the average thermal transmission coefficient is low, the surface of the roofs and the walls is large, the need of internal transport is high and the possibilities for entrance of daylight are low. The decisions about the location and the modernity of the buildings both cover a long period.

At Van Dam, in the category Buildings especially the need of internal transport and the transmission rates of the roofs and walls are relevant causes of the high specific energy use.

1. Transmission rates.
Only the buildings, built after 1985 (15%) are well insulated. The rest of the buildings loses at least twice as much thermal energy per square meter.
2. Internal transport.
The production of corrugated board includes 15% waste. This production waste has to be transported to the waste-shed, which is located 50 meters from the factory. Because the transport of the waste is done with exhausters, the distance of 50 meters causes a high use of electricity.
The boiler-house is also located 50 meters from the factory. The transport of steam and heating-water to the factory yearly causes some NLG 5000 extra expenses on natural gas and electricity.

Furthermore, the form of the buildings could be improved to decrease the size of the walls.

Machines concerns the energy use of the existent devices compared to the energy use of new equivalent devices. Not all the devices at Van Dam can be examined because of a lack of data. For four devices enough data are known to mention that they are outdated.

1. The steam-boiler is too big. This causes some 4% more radiation losses (yearly NLG 8000 on natural gas) than a steam-boiler with one third of its capacity.
2. The small central heating-boiler is not efficient. Replacing it for a new one would yearly save almost NLG 3000 on natural gas.
3. The circuit for distributing compressed air has many leaks. Repairing the circuit would yearly save NLG 5000 on electricity.
4. The artificial lighting is obsolete. Replacing the current lighting may save 50% (yearly NLG 15000) on electricity for lighting.

Methods concerns the energy use of the existent devices compared to other possible devices with the same purpose. Many inefficient methods can be detected with the Mass- and Energy-balance.

Tabel 6.1 The Van Dam Mass- and Energy-balance of January 1994

Input	Mass (tons)	Energy (GJ)	Output	Mass (tons)	Energy (GJ)
Supplementary water	417		Regeneration water	17	1
Combustion air	2220		Sluice water	50	20
Natural Gas	148	6236	Flue gases	2368	940
Paper	2296		Leakage	330	495
Starch	46		Waste	399	12
Additives	5		Exhaustion air for moisture	39613	1398
Water for glue	138		Exhaustion air for punch-waste	30000	420
Cooling-water	500		Cooling water	500	30
Rinse water	503		Waste water	503	52
Ink	3		Corrugated board	1996	60
Inrushing air	69500				
Sunlight		98			
Electricity		1152	Energy losses		4059
Total	75776	7486	Total	75776	7486

From the balances it appears, that:

1. The exhaustion of punch-waste uses a lot of air, so that a lot of inrushing air has to be heated. Conveyor-belts are an alternative to transport the punch waste without taking the air away.
2. The flue gases still contain a lot of energy. This energy can be used for heating the buildings, the supplementary water and the combustion air.
3. The exhaustion for moisture also uses a lot of air. A new exhaustion installation must be made, so that the air is only sucked away where and when it is necessary. This will cause a considerable reduction of the amount of exhausted air.
4. A lot of steam and/or condensate is lost by leakage. The steam-circuit and the condensate-circuit has to be re-engineered to decrease the need for supplementary water.
5. Although it takes a lot of energy to make corrugated board, the product does not contain much energy. This is because the paper has to be heated and cooled. An examination about process

integration should be done to find possibilities to integrate the cooling and heating of paper and corrugated board.

Without measurements it is also possible to find some methods which are not efficient:

6. Tap water is used for cooling the glue and subsequently it is drained as tepid water. This tepid water can be used to make glue, so that the cold tap water for the glue does not need much heating.
7. Heating of the buildings happens centrally with hardly any thermostats, so that the level of heating has to be changed manually. Automation of the heating control must be done with thermostats and valves.
8. Lighting has to be switched off manually. This leads to more electricity consumption than necessary. Switching must be automated using a luxmeter.
9. A lot of compressed air is used for cleaning the machines. This method of cleaning takes much more energy than brushing and sucking.

Materials concerns the energy use caused by the decision, which type of energy carriers, raw materials or halfproducts to consume or which type of product to make. A distinction is made between energy use caused by the complexity of processing (type of material, halfproduct or product) and by the grade of the energy carrier.

The most important cause for the high specific energy use caused by a complex processing is that Van Dam makes heavier types of corrugated board than other Dutch plants.

The most important cause for the high specific energy use caused by the use of high-grade energy carriers is, the heating of the buildings by combusting natural gas instead of using the energy from flue gases or from the losses of the corrugating machine.

People concerns the influence of operators on the energy use. Stimulating Good Housekeeping can reduce the energy use. Good Housekeeping means, that people are aware of the effects of their operations and that they prevent a high specific energy use. Examples of Good Housekeeping are an efficient use or a sufficient maintenance of the devices. At Van Dam most of the operators are not aware of the effects of their operations on the specific energy use. Stimulating Good Housekeeping by providing better information about energy use can save 5% on the energy use. For better information it is necessary to measure more and to process the data better.

Conclusions

In the investigation at Van Dam, thirteen energy saving measures with pay-back periods of less than ten years are found.

1. The light switches have to be automated.
2. The heating of the buildings has to be automated.
3. The exhausting of moisture has to be automated.
4. The corrugating machine has to be insulated.
5. The circuit for compressed air has to be repaired.
6. The circuit for condensate has to be re-engineered.
7. The cooling-water has to be re-used for the production of glue.
8. The waste-shed has to be moved to the factory.
9. The punch-waste has to be transported with conveyor-belts
10. Good Housekeeping has to be stimulated
11. The artificial lighting has to be modernised.

12. The energy from flue gases has to be used for heating the inrushing air, the combustion air and the supplementary water.
13. The small heating boiler has to be replaced for a new one.

With these measures the heating costs can be reduced with almost 40% The natural gas consumption to make steam can be reduced with more than 10% and the use of electricity with some 30%. Besides, these measures will cause a more comfortable indoor climate and a better product quality.

Samenvatting

Van Dam Golfkarton B.V. te Helmond is een dochteronderneming van het KNP BT-concern. Zij produceert dozen en andere golfkartonnen produkten. Ten opzichte van andere golfkartonfabrieken wordt er bij de produktie ongeveer 50% meer geld aan energie uitgegeven per 1000 m² golfkarton. Het doel van dit afstudeerproject is het verminderen van het specifieke energiegebruik.

Om te weten hoe het specifieke energiegebruik kan worden verminderd, moet er meer kennis zijn over het huidige energiegebruik en over de (afschrijvings)kosten van de mogelijke energiebesparende maatregelen. Daarom is er een model opgesteld, dat als leidraad dient voor het opzoeken naar de oorzaken van een hoog specifiek energiegebruik. Dit model wordt het Energiegebruiksoorzaken-model genoemd en het deelt de oorzaken in in de categorieën Gebouwen, Machines, Methoden, Materialen en Mensen.

Gebouwen heeft betrekking op de mate waarin het binnenklimaat kan worden gehandhaafd en op de transportafstand van goederen en energiedragers. Bij Van Dam zijn vooral de vorm en de transmissiewaarde relevante oorzaken van het hoge specifieke energiegebruik.

Machines heeft betrekking op het energiegebruik van de huidige apparaten ten opzichte van het energiegebruik van nieuw aan te schaffen gelijkwaardige apparaten. Uit het onderzoek is gebleken dat enkele apparaten bij Van Dam een laag rendement hebben.

Methoden heeft betrekking op het energiegebruik van de gebruikte apparaten ten opzichte van apparaten die middels een andere methode hetzelfde bereiken met minder energie. Bij Van Dam vergt de methode van afvaltransport veel energie. Verder is het mogelijk om handmatige schakelingen te automatiseren en kan proces-integratie worden toegepast.

Materialen heeft betrekking op het energiegebruik bij het verbruik van de huidige grondstoffen, halfprodukten en energiedragers. Ook de keuze van het te fabriceren produkttype heeft invloed op het energiegebruik. De belangrijkste oorzaak van het hoge specifieke energiegebruik in deze categorie is, dat Van Dam zwaardere kwaliteiten golfkarton maakt dan andere Nederlandse fabrieken.

Mensen heeft te maken met de invloed van de operators op het energiegebruik. Het stimuleren van Good Housekeeping kan het energiegebruik verlagen.

Er zijn dertien energiebesparende maatregelen voor Van Dam gevonden, die een terugverdientijd van minder dan tien jaar hebben. Met deze maatregelen kunnen de verwarmingskosten met bijna 40%, het aardgasverbruik voor stoom met ruim 10% en het elektriciteitsverbruik met ongeveer 30% worden teruggebracht. Bovendien zijn hiermee verbeteringen in werkcomfort en produktkwaliteit te verwachten.

Inhoudsopgave

Abstract	i
Summary	iii
Samenvatting	ix
1 Inleiding	1
1.1 Probleemstelling en doelstelling	1
1.2 Aanpak van het onderzoek	1
1.3 Het EGO-model: Typologie	2
1.3.1 Categorisering van oorzaken	2
1.3.2 Typen beslissingen	3
1.3.3 Hoe komt de beslisser aan kennis?	4
1.3.4 Verwerking van gegevens	5
1.3.5 Typen metingen	7
2 Indeling van het EGO-model	9
2.1 Gebouwen	9
2.1.1 Locatie	9
2.1.2 Datering	10
2.2 Machines	11
2.2.1 Datering	11
2.3 Methoden	12
2.4 Materialen	12
2.4.1 Moeilijk te bewerken	13
2.4.2 Hoogwaardige energiedragers	13
2.5 Mensen	14
2.5.1 Inefficiënt gebruik apparaten	14
2.5.2 Onvoldoende onderhoud	15
3 Van Dam Golfkarton B.V.	17
3.1 Het bedrijf	17
3.1.1 Globale SWOT-analyse	17
3.2 De produktie	18
3.2.1 De lijnkeuken	18
3.2.2 De golfkartonmachine	18
3.2.3 De verwerking	21
3.2.4 De expeditie	21
3.2.5 Het afval en uitval	21
3.3 Kosten	22
4 Gebouwen	23
4.1 Locatie	23
4.1.1 Klimaat	23
4.1.2 Energie-inkoop	23
4.1.3 Relevantie van de locatie	23
4.2 Datering	23

4.2.1	Omvang	24
4.2.2	Vorm	24
4.2.3	Transmissiewaarde	25
4.2.4	Lichtinval	26
4.2.5	Relevantie van de datering	26
5	Machines	27
5.1	Datering	27
5.1.1	De golfkartonmachine (GKM)	27
5.1.2	De luchtverhitters en circulatiepompen	27
5.1.3	De verlichting	27
5.1.4	De stoomketel	28
5.1.5	De CV-ketels	28
5.1.6	De compressoren	28
5.1.7	Relevantie van datering	29
6	Methoden	31
6.1	Efficiëntie van de produktiewijze	31
6.1.1	Afvoer stansafval	32
6.1.2	De rookgasverliezen	32
6.1.3	De afzuiging in de GKM-hal	33
6.1.4	Het suppletiewaterverbruik	33
6.1.5	De warmtehuishouding van golfkarton	34
6.1.6	Het koelwater	35
6.1.7	De verwarming	35
6.1.8	De verlichting	35
6.1.9	Misbruik van perslucht	35
6.1.10	Warmte-Kracht/koppeling	35
6.1.11	Relevantie van de inefficiënte produktiewijzen	36
7	Materialen	37
7.1	Bewerkingscomplexiteit	37
7.1.1	Relevantie van de bewerkingscomplexiteit van de materialen	37
7.2	Hoogwaardigheid energiedragers	37
7.2.1	Relevantie van hoogwaardigheid energiedragers	38
8	Mensen	39
8.1	Gebruik van apparaten	39
8.1.1	Relevantie gebruik apparaten	40
8.2	Onderhoud	40
8.2.1	Relevantie onderhoud	40
9	Conclusies en aanbevelingen	41
9.1	Conclusies	41
9.2	Aanbevelingen	42
9.3	Suggesties voor verder onderzoek	43
	Literatuurlijst	45

Bijlagen

Bijlage 1 Gebruikte definities en afkortingen	I
Bijlage 2 De organisatiestructuur	III
Bijlage 3 Plattegrond Van Dam Golfkarton B.V.	V
Bijlage 4 De Verwerkingshal	VII
Bijlage 5 De massa- en energiebalansen	IX
Bijlage 6 Berekening van interne transportkosten	XXI
Bijlage 7 Vermindering van het verwarmd oppervlak	XXV
Bijlage 8 Het waterverbruik van de stoomketel	XXVII
Bijlage 9 Het gasverbruik	XXIX
Bijlage 10 Het stoomverbruik	XXXI
Bijlage 11 Het elektriciteitsverbruik	XXXIII
Bijlage 12 Het energiegebruik voor verwarming	XXXV
Bijlage 13 Rendement stoomketel	XXXVII
Bijlage 14 De afzuiging	XXXIX

I Inleiding

Dit afstudeerverslag gaat over het verwerven van kennis over het energiegebruik bij fabrieken in het algemeen en bij Van Dam Golfkarton B.V. te Helmond in het bijzonder. Van Dam gebruikt energie voor de productie van golfkartonnen verpakkingsmiddelen.

In dit hoofdstuk wordt met de probleemstelling uitgelegd wat de aanleiding was voor dit onderzoek. Vervolgens wordt de doelstelling van het onderzoek opgesteld en de aanpak uiteengezet. Ook wordt een typologie gegeven van het gehanteerde model. In het tweede hoofdstuk wordt uitgelegd hoe dit model kan worden gebruikt om energiebesparende maatregelen bij fabrieken te vinden. In hoofdstuk 3 wordt een algemeen beeld gegeven van de fabriek van Van Dam. In de hierop volgende hoofdstukken wordt het model toegepast voor Van Dam. In hoofdstuk 9 zijn de conclusies van het onderzoek opgesteld en zijn nog enkele aanbevelingen gegeven.

1.1 Probleemstelling en doelstelling

Bij Van Dam Golfkarton B.V. te Helmond is het energiegebruik per 1000 m² golfkarton (specifieke energiegebruik) 50% hoger dan het gemiddelde specifieke energiegebruik van alle golfkartonfabrieken in Nederland. Dit blijkt uit het rapport "Milieudata Golfkarton 1994" van de Researchvereniging van de Nederlandse Golfkartonindustrie (RNG).

Tabel 1.1 Verbruik van energiedragers per 1000 m² netto verkoopbaar golfkarton.

	Elektriciteitsverbruik (kWh/1000 m ²)		Gasverbruik (m ³ /1000 m ²)	
	1993	1994	1993	1994
Van Dam Golfkarton	98,14	85,59	35,66	31,1
Gemiddelde van de branche	65,21	64,06	23,78	21,98

Probleemstelling

Het specifieke energiegebruik bij Van Dam Golfkarton is te hoog.

Doelstelling van het onderzoek

Het vinden van maatregelen ter verlaging van het specifieke energiegebruik.

1.2 Aanpak van het onderzoek

De aanpak van het onderzoek bestaat uit twee delen: het bouwen van een model en het toepassen van het model.

1. In het eerste deel is een model ontwikkeld waarmee EnergieBesparingsMaatregelen (EBM's) kunnen worden geïnventariseerd. Dit model wordt het EnergieGebruiksOorzaken-model (EGO-model) genoemd. Met dit EGO-model worden de mogelijke oorzaken van een hoog energiegebruik gecategoriseerd. Verder wordt aangegeven welke beslissingen ten grondslag liggen aan deze oorzaken en op welke manier kennis moet worden verworven om deze beslissingen te ondersteunen.
2. In het tweede deel van de onderzoeks aanpak is het EGO-model toegepast bij Van Dam.

1.3 Het EGO-model: Typologie

In deze paragraaf wordt een typologie gegeven voor het EGO-model. Hiermee wordt een naam gegeven aan de verschillende factoren die direct of indirect invloed hebben op het specifieke energiegebruik. Deze benoeming is gedaan voor meerdere niveaus:

- . Het categoriseren van de directe oorzaken van een hoog specifiek energiegebruik.
- . Het typeren van de beslissingen die deze oorzaken tot gevolg kunnen hebben.
- . Het beschrijven van het voortraject van een beslissing.
- . Het benoemen van enkele methoden van gegevensverwerking
- . Het onderscheiden van verschillende typen metingen.

1.3.1 Categorisering van oorzaken

De vele mogelijke oorzaken van een hoog specifiek energiegebruik zijn onder te verdelen in de volgende categorieën:

. **Gebouwen:**

Onder de categorie Gebouwen vallen de oorzaken die te maken hebben met de datering van de gebouwen. Datering van de gebouwen betekent, dat de omvang, de vorm, de transmissiewaarde van thermische energie, de lekkage van lucht en de doorlatendheid van licht niet meer voldoen aan de huidige eisen.

Verder vallen onder de categorie Gebouwen de oorzaken die te maken hebben met de locatie van de fabriek. De locatie beïnvloedt de kosten van het externe transport, het klimaat en de prijs van de energiedragers.

. **Machines:**

Onder Machines vallen de oorzaken die te maken hebben met datering van elektrische, pneumatische, verwarmings- en stoomapparatuur. Datering van de apparatuur heeft betrekking op de slijtage of overcapaciteit van de aanwezige apparatuur en op de technische ontwikkelingen van de nieuw aan te schaffen apparatuur. Onder de categorie "Machines" vallen *niet* de oorzaken die te maken hebben met de gebruikte methode of de te bewerken materialen.

. **Methoden:**

Onder Methoden vallen de oorzaken die te maken hebben met de produktiewijze. De produktiewijze heeft betrekking op de primaire productie, het interne transport, de klimaatbeheersing en het onderhoud.

. **Materialen:**

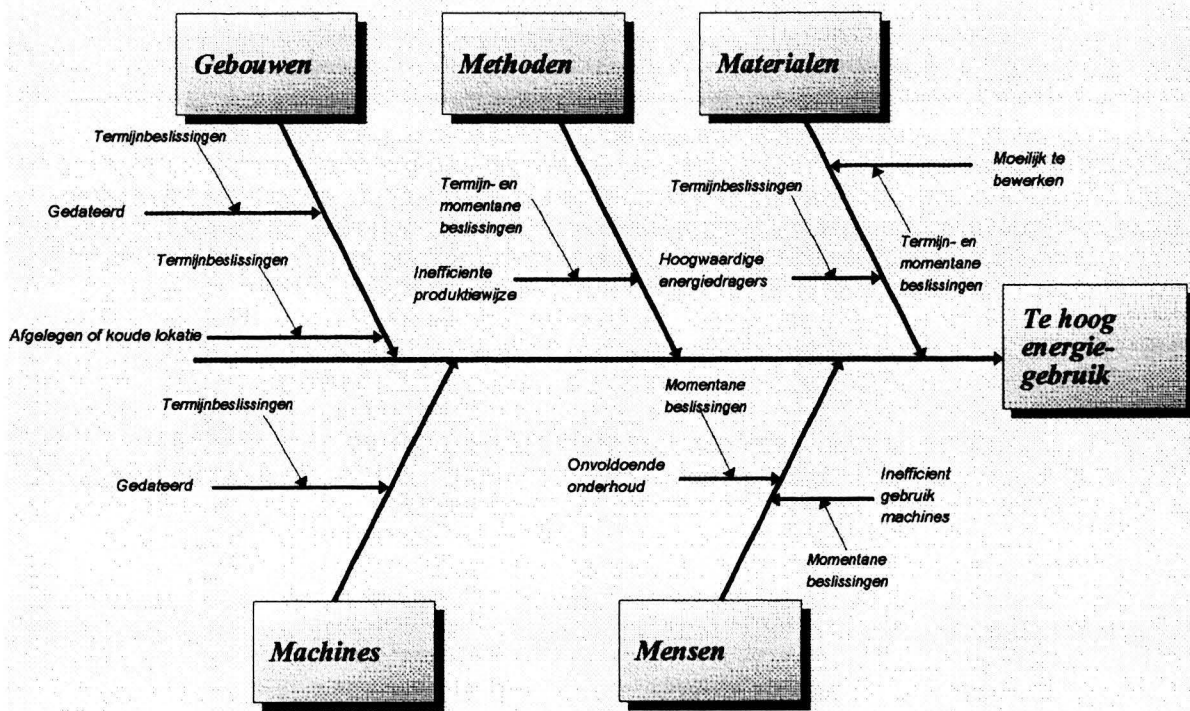
Onder Materialen vallen de oorzaken die te maken hebben met bewerkingscomplexiteit door het verbruik van bepaalde grondstoffen en door de fabricage van bepaalde produkttypen. Verder valt het verbruik van dure (hoogwaardige) energiedragers voor eenvoudige (laagwaardige) doelen ook onder Materialen.

. **Mensen:**

Onder Mensen vallen de oorzaken die te maken hebben met de omgang met en het onderhoud van de apparatuur door de operators. De omgang heeft betrekking op het tijdig uitschakelen van de apparatuur, als deze apparatuur niet meer gebruikt wordt. Onderhoud heeft betrekking op het schoonmaken na gebruik van de apparatuur en op het tijdig melden van storingen of slijtage aan de Technische Dienst.

Deze categorisering is ontleend aan de oorzaak- en gevolgdiagrammen (visgraatdiagrammen), die de American Society for Quality Control [14, blz 162, 216-217] adviseert als een van de toepasbare

technieken voor probleemoplossing. **Afbeelding 1** geeft een visgraatdiagram waarin de mogelijke oorzaken van een te hoog energiegebruik zijn aangegeven.



Afbeelding 1 Het oorzaak en gevolg diagram

1.3.2 Typen beslissingen

Alle oorzaken zijn op hun beurt het gevolg van beslissingen. Onder een beslissing wordt het vaststellen van een keuze verstaan. Deze keuze kan gaan tussen het al of niet doen van een energiebesparende maatregel (EBM) of tussen verschillende EBM's. Een EBM kan bijvoorbeeld het invoeren van een energiebesparende investering of het uitschakelen van een apparaat zijn. Beslissingen worden genomen op twee niveaus: momentane beslissingen en termijnbeslissingen.

Onder *momentane beslissingen* worden die beslissingen verstaan, die betrekking hebben op een korte periode of over beslissingen die eenvoudig terug te draaien zijn.

Voorbeelden:

- Het gebruik van de apparaten (Mensen). De beslissing om een apparaat al of niet uit te schakelen om energie te besparen heeft betrekking op energiebesparing tot het moment dat het apparaat weer aan moet worden geschakeld. Het gaat hierbij bijvoorbeeld om een periode van nog geen minuut bij een auto of om een periode van enkele dagen bij een verwarmingsketel.
- De initiatie van het onderhoud (Mensen). Het uitblijven van de initiatie tot onderhoud heeft invloed op het energiegebruik gedurende de periode totdat een storing of periodiek onderhoud plaatsvindt. Deze periode kan dagen, weken of maanden duren.
- De wijze van het onderhoud (Methoden). De aanpassingen die tijdens het onderhoud aan de apparaten worden gedaan kunnen invloed hebben op het energiegebruik gedurende een lange periode. Aanpassingen kunnen meestal op een relatief eenvoudige wijze worden teruggedraaid.

- . De keuze van de te gebruiken grondstof (Materialen). De beslissing om een bepaalde grondstof te gebruiken kan ook op korte termijn weer worden teruggedraaid.
- . De keuze van het te maken produkttype (Materialen). De beslissing om een bepaald produkttype te maken volgt uit de eisen die de klant stelt aan het produkt. Deze beslissing gaat over een order. Over het algemeen hebben orders betrekking op een relatief korte periode.

Onder *termijnbeslissingen* worden die beslissingen verstaan die over investeringen gaan. Investeringen zijn moeilijk terug te draaien en geven resultaat gedurende een langere periode.

Voorbeelden:

- . De locatiekeuze van het bedrijf (Gebouwen).
- . De investeringskeuze om een bestaand apparaat of gebouw(deel) al of niet te vervangen (Machines en Gebouwen). De energiebesparing ligt hier bij het vervangen van het oude (versleten of economisch verouderde) apparaat voor een nieuwe, die minder energie nodig heeft. Bij een vervangingsinvestering moet bovendien worden gekeken of Methoden en Materialen kunnen worden veranderd om nog minder energie te hoeven gebruiken.
- . De investeringskeuze om een bepaald produkttype te kunnen maken (Materialen). Om een energiezuiniger produkttype te kunnen maken moet geïnvesteerd worden in andere apparaten.
- . De investeringskeuze om een bepaalde energiedrager te kunnen gebruiken (Materialen). Indien er produktiestappen zijn, waarbij een hoogwaardige energiedrager (bijvoorbeeld elektriciteit) verbruikt wordt voor een eenvoudig doel (bijvoorbeeld verwarming tot iets boven kamertemperatuur), dan is een investering nodig om hiervoor een laagwaardige energiedrager (bijvoorbeeld koelwater) te kunnen verbruiken.
- . De investeringskeuze om de productie op een bepaalde wijze te kunnen verrichten (Methoden). Een verandering van een produktiemethode betekent meestal een investering in apparatuur.

Voor momentane beslissingen moet de kennis sneller beschikbaar zijn dan voor termijnbeslissingen. Daartegenover staat, dat gebrek aan kennis bij termijnbeslissingen grotere gevolgen heeft.

1.3.3 Hoe komt de beslisser aan kennis?

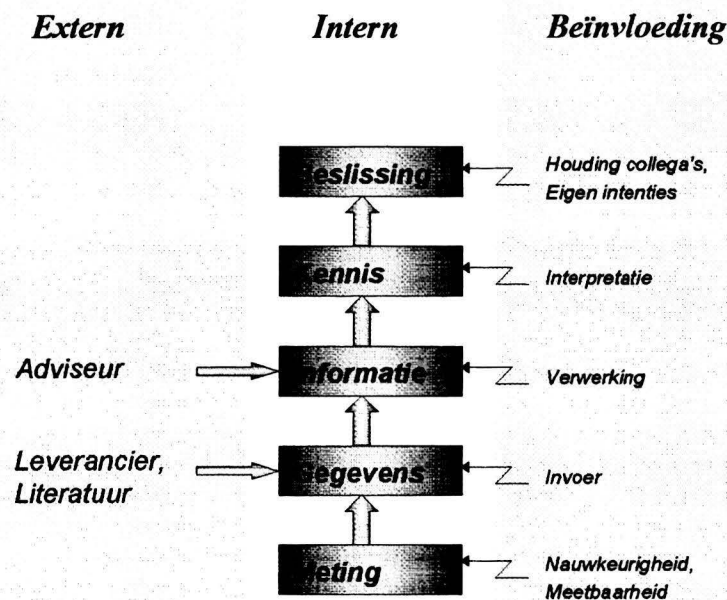
Om tot een beslissing te kunnen komen heeft de beslisser kennis nodig. Hij kan kennis verkrijgen uit interne informatie of door informatie van adviseurs. Interne informatie kan verkregen worden door de interne gegevens of gegevens van de leverancier te verwerken. Interne gegevens kunnen worden verkregen uit metingen of uit de literatuur en rapportages.

. Adviseur

De adviseur geeft informatie, die gericht is aan de beslisser. Deze informatie dient objectief te zijn. Een leverancier kan ook adviseur zijn, maar vaak heeft de leverancier belang bij de te nemen beslissing. Daarom is het aan te raden om van hem slechts gegevens te laten leveren. De verwerking van de gegevens kan dan door de beslisser of door een objectief persoon worden gedaan.

. Leverancier/Literatuur

Een leverancier moet in staat zijn om het norm-energiegebruik van de door hem geleverde of te leveren apparatuur te geven. Soms zijn dergelijke gegevens ook in vakliteratuur te vinden.



Afbeelding 2 Ondersteuning van, en invloeden op een beslissing

Afbeelding 2 geeft het traject aan van meting tot beslissing. Informatie kan worden ingewonnen bij adviseurs en gegevens kunnen worden verkregen bij de leveranciers en uit literatuur. Verder worden per onderdeel van het traject de invloeden op dit onderdeel genoemd.

- Nauwkeurigheid/Meetbaarheid**
Soms zijn gegevens niet of moeilijk uit metingen te verkrijgen. Het kan zijn dat nauwkeurige meters te duur zijn of dat gegevens nodig zijn over de toekomst. Deze gegevens zijn slechts uit schattingen te verkrijgen.
- Invoer**
De meetresultaten moeten worden ingevoerd voordat ze verwerkt kunnen worden. Automatiseren van de invoer voorkomt fouten.
- Verwerking**
De gegevens moeten verwerkt worden volgens een bepaald algoritme. Het kan zijn dat dit algoritme niet correct is.
- Interpretatie**
De informatie moet begrepen worden door de beslisser. Dit wordt bevorderd als de beslisser betrokken is bij de meting en de verwerking van de gegevens.
- Houding collega's/Eigen intenties**
Indien de beslisser er kennis van heeft welke keuze gemaakt moet worden, kan het nog zo zijn, dat hij en zijn collega's een andere keuze prefereren.

In de volgende subparagrafen zal nog worden ingegaan op de verwerking van gegevens en op de typen metingen.

1.3.4 Verwerking van gegevens

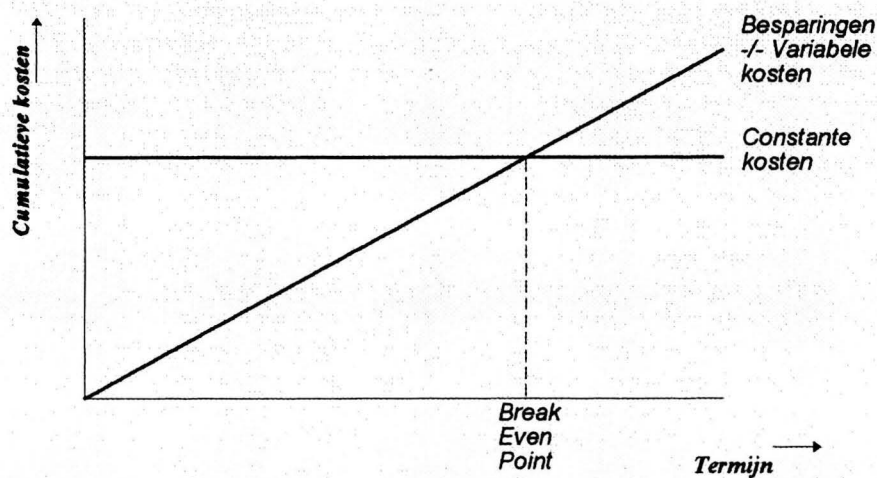
Bij beslissingen die gaan over energiebesparing moet de te besparen kosten worden vergeleken met de kosten die een EBM veroorzaakt. Kosten zijn onder te verdelen in vaste en variabele kosten. Onder vaste kosten worden hier verstaan, die kosten die afhangen van het feit of de beslissing al of niet genomen wordt. De variabele kosten, waaronder de energiekosten, zijn afhankelijk van de

lengte van de periode waarover de beslissing betrekking heeft. Indien deze periode kort en bekend is geeft een Break-Even analyse een indicatie of een beslissing al of niet genomen moet worden. Als deze periode niet bekend of lang is kan de Netto Contante Waarde methode een criterium geven voor de te nemen beslissing.

Break-Even analyse:

Een Break-Even point (BEP) geeft aan bij welke duur van de periode (termijn) het niet uitmaakt of de energiebesparende maatregel (EBM) wel of niet wordt uitgevoerd. Indien de termijn langer is dan het BEP aangeeft, is het uitvoeren van de EBM rendabel. In vergelijking 2 zijn de vaste kosten gebonden aan de EBM en de opbrengsten en variabele kosten gebonden aan de termijn waarover de EBM betrekking heeft en in **Afbeelding 3** wordt dit punt in beeld gebracht.

$$\text{vaste kosten} < (\text{besparingen} - \text{variabele kosten}) * \text{termijn} \tag{1}$$



Afbeelding 3 Bepaling van het Break Even Point (BEP).

In de hier gebruikte Break-Even analyse zijn de (cumulatieve) besparingen en de variabele kosten lineair evenredig met de termijn en de vaste kosten onafhankelijk van de termijn. Hierdoor valt het Break-Even point gelijk met de terugverdientijd van een EBM.

Netto Contante Waarde methode:

Bij de Netto Contante Waarde (NCW) methode wordt rekening gehouden met rente op het geïnvesteerde vermogen. Alle in de toekomst verwachte cash flows worden verdisconteerd naar het heden. Het energiegebruik geeft hierbij een negatieve cash flow. Een voordeel van de NCW methode is, dat de cash flows die pas na een aantal jaren gegenereerd worden minder meetellen. Deze cash flows zijn toch niet met veel zekerheid te voorspellen.

De Netto Contante Waarde (NCW) wordt berekend volgens de volgende formule:

$$NCW = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{CF_n}{(1+i)^n} \quad (2)$$

Hierin is:

CF_n : De cash flow in periode n

i: Het disconteringspercentage.

1.3.5 Typen metingen

Metingen zijn onder te verdelen naar het interval tussen de metingen. Sommige metingen hebben een oneindig groot interval (eenmalige metingen) en sommige hebben een zeer klein interval (continue metingen). Voor de verwerking van de verscheidene meetgegevens is het gemakkelijker als de intervallen overeenkomen. Als het produktievolume per week wordt uitgedrukt en het elektriciteitsverbruik per maand dan is een vergelijking moeilijk. Als het elektriciteitsverbruik dan ook per week wordt gemeten is vergelijking met de maandelijkse elektriciteitsrekening weer moeilijk. Overwogen kan worden om het elektriciteitsverbruik per dag te meten, zodat een vergelijking dan eenvoudig is.

Eenmalige metingen

- . Transmissiewaarde van de wand.
- . Capaciteit verwarmingsketel.

Eenmalige metingen zijn voldoende als geen veranderingen in de meetresultaten verwacht worden. Zo zal de isolatie-waarde van een wand of de capaciteit van een CV-ketel in de loop der jaren niet veel veranderen en kan met een eenmalige meting worden volstaan.

Intervalmetingen

- . Produktie per dag.
- . Elektriciteitsverbruik per maand.

Intervalmetingen zijn voldoende als alleen gemiddelden per interval van belang zijn.

Continue metingen

- . Stoomverbruik.
- . Verwarmingsbuis-temperatuur.
- . Verwarmingswater-debiet.

Continue metingen zijn nodig als niet alleen kennis van het gemiddelde nodig is, maar ook de afwijkingen van het gemiddelde. Bijvoorbeeld om te weten te komen wat de maximaal benodigde stoomproduktie is, moeten de pieken worden gemeten.

Soms zijn continue metingen nodig om in vergelijking met een andere continue meting tot een andere grootte te komen. Bijvoorbeeld de hoeveelheid energie, die de CV-ketel afgeeft aan het warmwater-circuit kan alleen worden berekend door het volume-debiet van het verwarmingswater te vermenigvuldigen met het temperatuurverschil van het in- en uitgaande water.

2 Indeling van het EGO-model

In dit hoofdstuk wordt per categorie de mogelijke oorzaken van een hoog specifiek energiegebruik uitgewerkt. Voor elke oorzaak is aangegeven wat de benodigde kennis over het te voorkomen energiegebruik is.

2.1 Gebouwen

De oorzaak van een hoog energiegebruik in de categorie Gebouwen kan liggen aan de locatie van het gebouw en aan datering van de gebouwen.

2.1.1 Locatie

De locatiekeuze heeft vele consequenties. Zo kunnen gemeentes verschillende regels hanteren voor bijvoorbeeld het verkrijgen van een hinderwetvergunning en is het in de ene regio gemakkelijker om arbeiders te krijgen dan in de andere.

Wat betreft het energiegebruik zijn er consequenties op drie vlakken: Transportkosten, Klimaatkosten en Kosten energievoorziening.

Transportkosten

De transportkosten per jaar, die volgen uit de keuze van een bepaalde locatie zijn:

$$\text{Transportkosten} = 2 * K_{km} * \sum A_i * F_i \quad (3)$$

Hierbij is:

K_{km} : Transportkosten per kilometer

A_i : Afstand vanaf klant of leverancier nummer i .

F_i : Bezoekfrequentie aan klant of leverancier nummer i .

In deze vergelijking wordt het voordeel van gecombineerde bezoeken aan leveranciers en/of klanten verwaarloosd.

De transportkosten per kilometer bestaan uit brandstofkosten (energiekosten), arbeidskosten en kosten van de vrachtwagens.

Klimaatkosten

De klimaatkosten die volgen uit de locatiekeuze worden bepaald door de klimaatverschillen per regio. Zo is het verschil in buitentemperatuur en kamertemperatuur in de winter (uitgedrukt in aantal graaddagen) aan de kust lager dan in het binnenland van Nederland. Hiertegenover staat, dat het aan de kust harder waait, wat de afkoeling van de wanden en daken en de natuurlijke ventilatie vergroot.

Kosten van de energievoorziening

Wat betreft de kosten van de energievoorziening worden hier twee onderdelen beschouwd.

1. De elektriciteitsprijzen verschillen per regio.
2. Bij elektriciteitscentrales of centrale Warmte/Kracht-koppelingsinstallaties kan goedkope laagwaardige energie worden verkregen.

2.1.2 Datering

Datering kan te maken hebben met de omvang, de vorm, de transmissiewaarde en de lichtinval van de gebouwen. Het kan zijn, dat de gebouwen te groot zijn geworden, doordat met moderne produktiemethoden minder ruimte nodig is. De vorm van de gebouwen kan in de loop der jaren door verbouwingen minder efficiënt zijn geworden. De transmissiewaarde en de lichtinval werden wegens de lage energieprijzen vroeger minder belangrijk gevonden dan tegenwoordig. Hierdoor kunnen de gebouwen die toen gebouwd zijn nu gedateerd zijn.

Kennis van optimale omvang

Om te bepalen of een uitbreiding van de gebouwen wenselijk is moet van de komende jaren worden geschat wat de ruimtebehoefte zal zijn. De kosten van het huren van ruimte moeten worden afgewogen tegen de kosten van een uitbreiding. Een uitbreiding brengt naast bouwkosten ook verwarmings- en verlichtingskosten met zich mee. Uitbestedingskosten brengen naast huurkosten ook transportkosten met zich mee. Een gebouw heeft een optimale omvang als het aantal dagen per jaar dat het gebouw voldoet aan de ruimtebehoefte gelijk is aan:

$$\frac{\text{Marginale Uitbreidingskosten [f/m}^2\text{.dag]}}{\text{Marginale Uitbestedingskosten [f/m}^2\text{.dag]}} * 365 \text{ dagen} \quad (4)$$

Hierbij is de omvang van de gebouwen uitgedrukt in m² vloeroppervlak.

Het verminderen van de omvang van de gebouwen is hetzelfde als een negatieve uitbreiding. Het verminderen van de omvang brengt echter ook verbouwingkosten en geen verbouwingsoptbrengsten met zich mee.

Kennis van energiebesparingsmogelijkheden bij verandering van de vorm.

Verandering van vorm kan energie besparen door de transportafstanden te verkleinen en door het wandoppervlak te verkleinen.

Transport

Bij het veranderen van de vorm kunnen energiekosten van het intern transport van goederen en energiedragers en arbeidskosten worden voorkomen. De te besparen energie- en arbeidskosten door verkleining van de transportafstand (Kb_{tp}) is:

$$Kb_{tp} \text{ [f/jaar]} = \text{Afstandsverkorting [m]} * \text{Transportkosten [f/m.jaar]} \quad (5)$$

Wandoppervlak

Verder bepaalt de vorm de grootte van het wandoppervlak bij een gegeven vloeroppervlak en gebouwhoogte. Het wandoppervlak is het kleinst als de vloer een ronde vorm heeft. Aangezien een rond gebouw moeilijk te bouwen, in te richten en uit te breiden is wordt vanuit verwarmings-technisch oogpunt gestreefd naar een zo vierkant mogelijke vorm. Bij bestaande gebouwen kan het wandoppervlak worden verkleind door het verplaatsen van afgelegen gebouwen en door het aansluiten van verschillende gebouwen op elkaar. De hiermee bespaarde verwarmingskosten (Kb_w) zijn:

$$Kb_w \text{ [f/jr]} = \text{Oppervlakteverkleining [m}^2\text{]} * \text{Verwarmingskosten [f/m}^2\text{.jr]} \quad (6)$$

Kennis bij het veranderen van de transmissiewaarde

Bij het verlagen van de transmissiewaarde van wanden, vloeren en daken kunnen naast de verwarmingskosten ook de arbeidskosten en kwaliteitskosten worden verlaagd door het creëren van een beter klimaat. De bespaarde kosten zijn:

$$Kb_{tm} [f/jr] = -\Delta Tw [W/m^2.K] * Opp [m^2] * \#GS [K.sec/jr] * Vk [f/jr] - \Delta Z [f/jr] + \Delta Q [f/jr] \quad (7)$$

Hierin is:

- Kb_{tm} : Kostenbesparing door verlaging transmissiewaarde.
- ΔTw : Verschil tussen de nieuwe en de oude transmissiewaarde ($W/m^2.K$).
- Opp: Oppervlakte van de wand, het dak of de vloer die vervangen wordt.
- #GS: Het aantal graadseconden per jaar.
- Vk: De verwarmingskosten.
- ΔZ : Verschil in kosten ziekteverzuim.
- ΔQ : Verschil in kwaliteitskosten.

Kennis bij het veranderen van de lichtinval

Door het verhogen van de lichtinval worden verlichtingskosten verminderd als bovendien de kunstverlichting wordt uitgeschakeld bij voldoende lichtinval.

$$Kb_l = (X_n - X_o) * P_l * p_e \quad (8)$$

Hierin is:

- Kb_l : Kostenbesparing ten gevolge van verhoogde lichtinval.
- X_n : De hoeveelheid productie-uren met voldoende buitenverlichting in de nieuwe situatie.
- X_o : De hoeveelheid productie-uren met voldoende buitenverlichting in de oude situatie.
- P_l : Het elektrisch vermogen van de verlichting in kW.
- p_e : De prijs van een kWh elektriciteit.

2.2 Machines

Onder Machines worden in dit verslag alle apparaten bedoeld, die energie uit aardgas of elektriciteit gebruiken.

Deze apparaten wordt gebruikt voor verschillende doelen:

1. Het primaire proces (Verwerkingsmachines, Transportmiddelen).
2. Het klimaat (Verwarmingcircuit, Verlichting, Airconditioning).
3. Energie-omzetting naar andere energiedragers (Stoomketel, Verwarmingketel, Compressor).

Een te hoog specifiek energiegebruik kan veroorzaakt worden door datering van de apparaten.

2.2.1 Datering

Gedateerde apparaten gebruiken meer energie per geproduceerde eenheid dan nieuwe. Dit komt door:

1. Slijtage van het apparaat (verhoging van de wrijvingsweerstand, verhoging van de transmissiewaarde).
2. Overcapaciteit van het apparaat (verhoging van de nullastverliezen).

3. Het verschijnen van energiezuiniger apparaten op de markt (verlaging van de norm voor het specifieke energiegebruik).

Om te weten, hoeveel energie er kan worden bespaard door de apparaten te vervangen moet het huidige energiegebruik worden vergeleken met het normgebruik. Het normgebruik kan worden verkregen bij de leveranciers van nieuwe apparaten en het huidige gebruik kan worden gemeten. De energiebesparing bij aanschaf van een nieuw apparaat is:

$$Kb_n = (G_h - G_N) * D_a * E_p \quad (9)$$

Hierin is:

Kb_n : Kostenbesparing per jaar door vernieuwing van de apparaten.

G_h : Huidig specifiek energiegebruik.

G_N : Specifiek normgebruik.

D_a : Aantal geproduceerde eenheden per jaar.

E_p : Prijs van de energiedrager.

2.3 Methoden

Om te weten te komen hoeveel energie er kan worden bespaard door de methoden te veranderen, moet het huidige massa- en energiestromen worden vergeleken met een situatie waarin massa- en energiestromen normaal zijn. De huidige massa- en energiestromen kunnen worden gemeten en verwerkt in een massa- en energiebalans. Om normen op te stellen voor de massa- en energiestromen, moet de kennis van leveranciers, collega's, leveranciers en adviseurs worden gebruikt. In **Tabel 2.1** wordt het concept van een eenvoudige massa- en energiebalans weergegeven. In **Bijlage 5** en paragraaf 0, 6.1 zijn hier voorbeelden van gegeven. De energiebalans moet aangeven waar en hoe de energie in het systeem komt en het weer verlaat. Veranderingen van methoden moeten er op gericht zijn om de energie-inhoud van de energiedragers te verminderen. Dit kan door de energie-inhoud van het produkt, de hoeveelheid en de energie-inhoud van het afval en de emissies, en het overige energieverlies te verminderen. Eventueel kan de energie-inhoud van de uitgaande stoffen worden gebruikt om de energie-inhoud van de grond- en hulpstoffen te verhogen (proces-integratie).

Tabel 2.1 Concept van een massa- en energiebalans.

Invoer	Massa	Energie	Uitvoer	Massa	Energie
Grondstoffen			Produkt		
Hulpstoffen			Afval/Emissies		
Energiedragers			Energieverlies		
Totaal			Totaal		

2.4 Materialen

Onder de categorie Materialen vallen de energiekosten die worden veroorzaakt door het gebruik van bepaalde grond- en hulpstoffen of energiedragers of door de vervaardiging van bepaalde produkttypen.

2.4.1 Moeilijk te bewerken

Sommige grondstoffen vergen tijdens de bewerking meer energie dan andere. Ditzelfde geldt voor de te maken produkttypen. De keuze welke produkttypen er uit welke grondstoffen worden gemaakt is een momentane beslissing. Per order kan dit worden beslist.

In eerste instantie bepalen de specificaties, die de klant opgeeft, welk produkttype uit welke grondstoffen kunnen worden gemaakt. Vervolgens wordt er gekeken hoe de kosten kunnen worden geminimaliseerd binnen deze opgegeven specificaties. De energiekosten zijn een deel van de kosten die inherent zijn aan de materiaalkeuze. De andere delen zijn:

- De prijs van het materiaal.
- Het af- en uitvalpercentage.

De kostenbesparing bij het produceren van een alternatief produkttype uit een alternatief materiaal worden weergegeven in de volgende vergelijking.

$$Kb_o = -M * (\Delta M_e + \Delta M_p + \Delta M_a * (M_e + M_p)) \quad (10)$$

Hierin is:

- Kb_o : Kostenbesparing per order.
- M : Aantal materiaal-eenheden per order.
- ΔM_e : Verandering in energiekosten per eenheid.
- ΔM_p : Verandering in materiaalprijs per eenheid.
- ΔM_a : Verandering van het af- en of uitvalpercentage.

Als met de huidige apparaten een bepaald produkttype niet kan worden gemaakt moet er worden beslist of er een nieuw apparaat moet worden aangeschaft. Dit is een termijnbeslissing. De voordelen van een assortimentsverbreding bij de aanschaf van een andere produktiemachine wordt hier buiten beschouwing gelaten. De kostenbesparingen worden weergegeven in de volgende vergelijking.

$$Kb = \sum_n Kb_o \quad (11)$$

Hierin is:

n : Aantal orders per jaar

2.4.2 Hoogwaardige energiedragers

Het gebruik van hoogwaardige energiedragers voor eenvoudige doelen hangt nauw samen met de gebruikte methode. Aangezien de meeste energiedragers aan een materiaal zijn gebonden wordt het hier onder Materialen beschouwd.

De volgorde in de waarde per energie-eenheid van de bekendste energiedragers wordt hieronder van hoog naar laag weergegeven.

- . Perslucht.
- . Elektriciteit.
- . Aardgas, Stookolie, Benzine.
- . Stoom, Heet water.
- . Warm water, Warme lucht.

Hoogwaardige energiedragers hebben meer toepassingsmogelijkheden en zijn duurder dan laagwaardige energiedragers.

2.5 Mensen

Onder de categorie Mensen vallen de oorzaken die te maken hebben met een gebrek aan Good Housekeeping. Onder Good Housekeeping wordt verstaan, dat de mensen bewust omgaan met energie. Dit kan inhouden, dat de mensen de apparaten goed onderhouden om deze soepeler te laten lopen en dat de apparaten niet draaien als dit niet nodig is.

2.5.1 Inefficiënt gebruik apparaten

Met inefficiënt gebruik van de apparaten wordt bedoeld, dat de apparatuur niet wordt uitgeschakeld wanneer deze niet nodig is. Het energiegebruik van een ingeschakeld apparaat dat niet produceert heet nullast. Soms is het beter om een apparaat ingeschakeld te laten staan als deze gedurende een korte tijd niet wordt gebruikt. Deze toestand wordt stand-by genoemd. Het stand-by houden van een apparaat kan de volgende redenen hebben.

1. Het opnieuw starten geeft slijtage aan het apparaat.
2. Het opnieuw starten kost tijd.
3. Stilstand geeft schade aan het apparaat of aan de grondstof.

Om er voor te zorgen dat de apparaten niet te lang in de stand-by stand staan moet het gedrag van de operators worden verbeterd. Dit wordt ook wel Good Housekeeping genoemd. Hiervoor is het noodzakelijk dat de operators van kennis hebben van hoelang deze apparaten maximaal stand-by mogen draaien.

Kennis van maximale stand-by tijd

Indien stilstand schade geeft, moeten eerst de Methoden en/of de Machines worden veranderd, voordat uitschakeling overwogen kan worden. Voor de slijtage en de arbeidstijd kan een break-even analyse (zie **Afbeelding 3**) worden toegepast om te bepalen hoelang een apparaat maximaal stand-by mag staan. De belangrijke factoren in deze break-even analyse zijn:

Schakelingsgebonden (vaste) kosten:

1. Slijtagekosten per uit- en inschakeling.
2. Arbeidskosten per uit- en inschakeling.

Termijnggebonden (variabele) besparingen die een schakeling teweegbrengt:

1. Energiebesparing per tijdseenheid.
2. Te vermijden slijtagekosten per tijdseenheid.

De termijn dat het niet uitmaakt of een apparaat stand-by blijft draaien of dat deze wordt uitgeschakeld is gelijk aan de som van de schakelingsgebonden kosten gedeeld door de som van de termijnggebonden besparingen per tijdseenheid. Vereenvoudigd wordt dit hier weergegeven.

$$Termijn = \frac{Vaste\ kosten}{Besparingen\ per\ tijdseenheid} \quad (12)$$

In **Afbeelding 3** wordt er vanuit gegaan, dat de schakelingsgebonden kosten onafhankelijk zijn van de frequentie van het schakelen. In werkelijkheid zullen ze hoger zijn naarmate er meer wordt geschakeld, aangezien verschijnselen als metaalmoetheid dan een grotere rol gaan spelen. De arbeidskosten zullen lager worden als er veel wordt geschakeld. Dit komt door leereffecten.

2.5.2 Onvoldoende onderhoud

Good Housekeeping heeft ook te maken met het onderhoud van de apparaten. Een apparaat dat vuil is of niet tijdig gesmeerd is, verbruikt meer energie. Het is de taak van de operator, dat het apparaat na gebruik wordt schoongemaakt en dat de Technische Dienst tijdig wordt gewaarschuwd, als slijtage aan het apparaat optreedt. Om hem in deze taak te steunen dient hij signalen te krijgen, die aangeven of het onderhoud voldoende is en of het apparaat slijtage vertoont.

Kennis van onderhoudsbehoefte

Als signalering van onvoldoende onderhoud of van slijtage kan per apparaat het energiegebruik continu worden gemeten en vergeleken met het normgebruik. Deze methode heet Statistical Process Control (SPC).

Op deze manier dient de meting als storingsvoorspellende grootheid en kan met behulp van preventief onderhoud het energiegebruik worden verlaagd.

3 Van Dam Golfkarton B.V.

In dit hoofdstuk wordt een beschrijving gegeven van het bedrijf. Verder wordt de productie van golfkarton weergegeven, waarbij de nadruk wordt gelegd bij de golfkartonmachine (GKM), aangezien deze de grootste hoeveelheid energie gebruikt. Verder wordt aangegeven wat de verhouding is van de energiekosten ten opzichte van de overige kosten bij Van Dam.

3.1 Het bedrijf

Van Dam Golfkarton B.V. te Helmond is een van de 15 golfkartonfabrieken in Nederland en is een zelfstandig opererend onderdeel van de Corrugated Board Division (CBD) van de Koninklijke Nederlandse Papierfabrieken en Bührmann Tetterode (KNP BT). Het bedrijf produceert jaarlijks 50 miljoen m² golfkarton, dat voornamelijk dient als verpakkingsmateriaal voor industriële en agrarische producten.

In het begin van de jaren negentig waren de resultaten van het bedrijf matig. Een reorganisatie in 1993 gaf naast een inkrimping van het personeelsbestand een verhoging van de efficiency. Begin 1995 zijn de prijzen van de belangrijkste grondstof (papier) 60% tot 100% hoger dan begin 1994. Dit betekent dat het produkt (golfkarton) voor een hogere prijs moet worden verkocht. Aangezien niet alle klanten bereid zijn deze hogere prijs te betalen blijft de afzet in 1995 enigszins achter bij de verwachtingen.

Het ondernemersklimaat binnen de golfkarton-branche kan worden omschreven als licht competitief. De concurrentie is vriendschappelijk, doordat bijna de helft van de concurrerende golfkartonfabrieken in Nederland en de belangrijkste papierleveranciers eigendom zijn van KNP BT en zodoende gezien worden als zusterbedrijven.

Bij Van Dam wordt er naar gestreefd om de organisatiestructuur zo plat mogelijk te maken (zie **Bijlage 2**). Dit resulteert in een werksfeer, waarin er meer verticale communicatie dan horizontale communicatie is. Hiermee wordt bedoeld, dat er meer communicatie is tussen afdelingshoofd en afdelingsmedewerker dan tussen medewerkers van verschillende afdelingen.

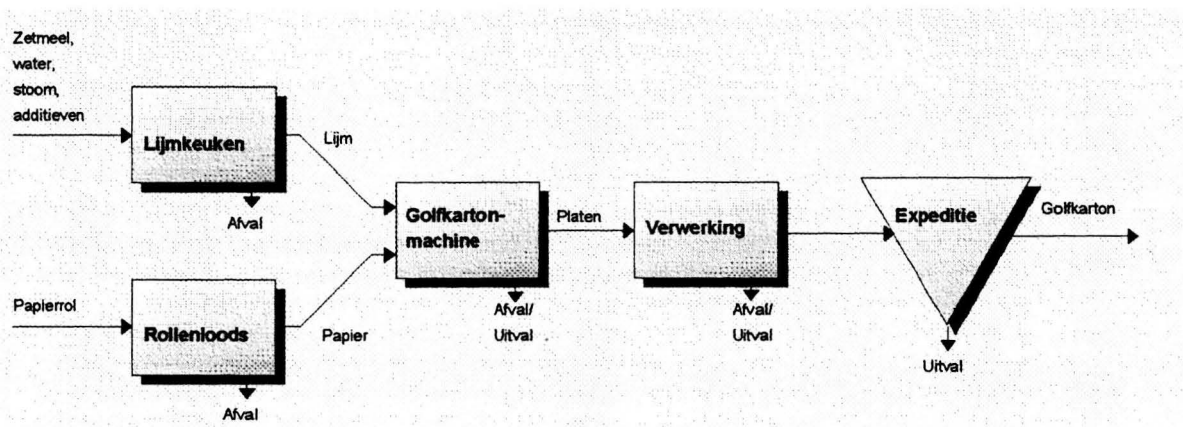
3.1.1 Globale SWOT-analyse

Een SWOT-analyse geeft aan wat intern de sterkten en zwakten en wat extern de kansen en bedreigingen zijn. Dit kan een handvat voor het management zijn om zich kunnen te richten op de belangrijkste factoren binnen het bedrijf.

Sterkten:	Van Dam is de enige fabriek in Nederland die golfkarton kan produceren van 8mm dikte. Naamsbekendheid, mede namens de slogan "Een doos is een doos is nooit zomaar een doos".
Zwakten:	Flexibiliteit, Prijs of Kwaliteit zijn nauwelijks beter dan bij de concurrentie.
Kansen:	Er is voldoende capaciteit, dus als de verkopen kunnen stijgen zijn de mogelijkheden tot winstverhoging groot.
Bedreigingen:	De hoge prijs van het papier kan leiden tot de opkomst van andere verpakkingsmaterialen.

3.2 De produktie

In de golfkartonmachinehal (GKM-hal) staan de lijmkemken en de golfkartonmachine (GKM). Met de GKM worden uit lijm en papier golfkartonplaten geproduceerd. Deze worden in de Verwerkingshal (VWK-hal) bewerkt tot het eindprodukt golfkarton. Meestal heeft dit golfkarton de vorm van een gevouwen doos, maar er zijn ook andere toepassingen mogelijk. Het flow-diagram van **Afbeelding 4** geeft een eenvoudig model voor de goederenstroom via de verschillende afdelingen.



Afbeelding 4 Flow-diagram goederenstroom

3.2.1 De lijmkemken

De lijm bestaat uit ongeveer 73% water, 23% zetmeel, 2% stoom, 1,2% natronloog en 0,3% borax en wordt aangemaakt volgens het Stein-Hall principe. De aanmaak gebeurt in twee stappen:

1. Een deel (12-14%) van het zetmeel wordt gemengd met een deel ($\pm 65\%$) van het water en met natronloog. Dit mengsel wordt met behulp van stoom verwarmd tot $\pm 40^\circ\text{C}$, zodat het zetmeel gaat geleren. Bij dit geleren ontstaat een emulsie die drager wordt genoemd.
2. Aan de drager wordt water, de rest van het zetmeel en borax toegevoegd. Dit mengsel wordt geroerd tot de viscositeit voldoende hoog is.

De lijm wordt naar de lijmbakken in de GKM gepompt.

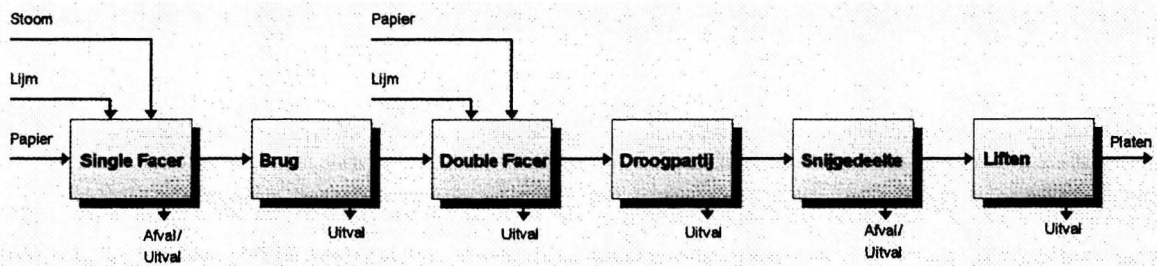
3.2.2 De golfkartonmachine

In de GKM wordt aan papier en lijm met behulp van stoom en elektriciteit energie toe- en afgevoerd om golfkartonplaten te maken.

Enkele kenmerken:

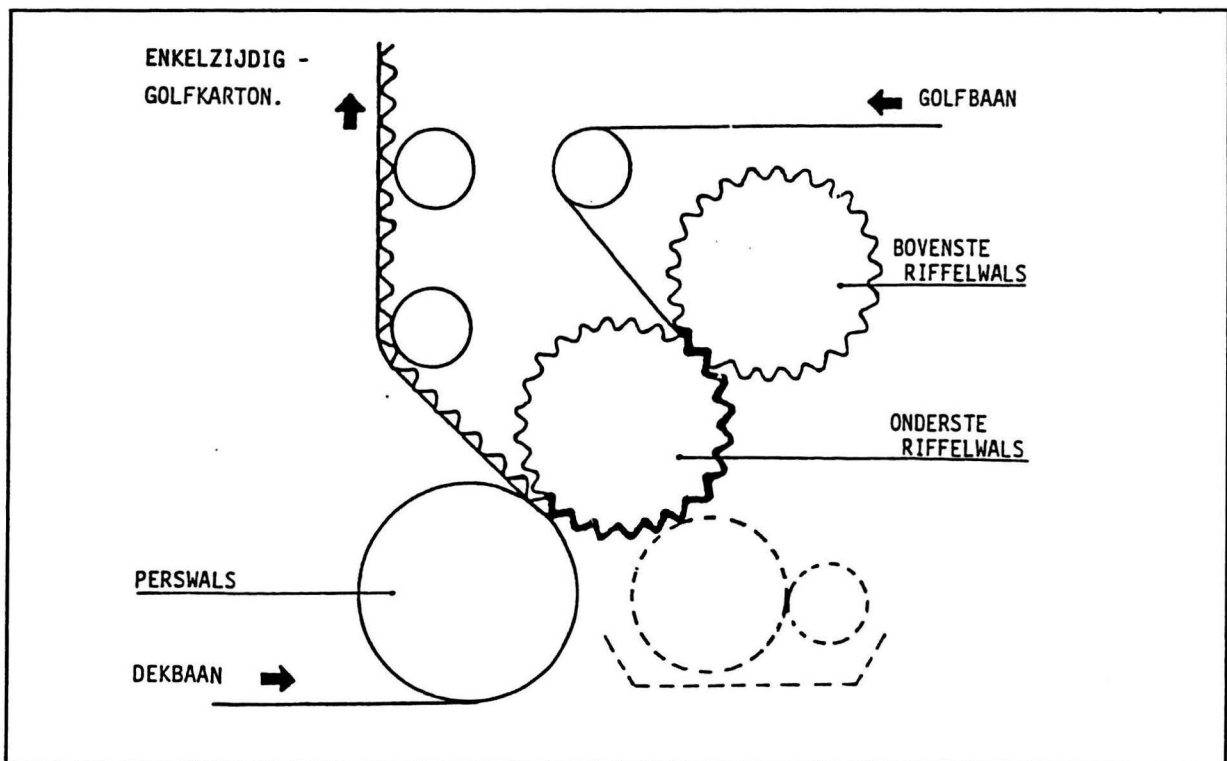
- De lengte van de golfkartonmachine is 100 meter.
- De breedte van de golfkartonbaan die wordt verwerkt is 2,45 meter.
- De maximale produktiesnelheid is 200 m/min.
- De gemiddelde produktiesnelheid per draai-uur is 105 m/min.
- De gemiddelde produktiesnelheid per produktie-uur is 150 m/min
- Het aantal draai-uren per jaar is 3600.
- Het aantal produktie-uren per jaar is 2500.

De GKM bestaat uit verscheidene onderdelen. In **Afbeelding 5** worden de materiaalstromen tussen deze onderdelen weergegeven. Behalve bij de Brug wordt aan alle onderdelen energie in de vorm van elektriciteit of perslucht toegevoerd. Verder wordt in de Single Facer, de Double Facer en de droogpartij aan het papier respectievelijk het golfkarton thermische energie toegevoerd met behulp van stoom.



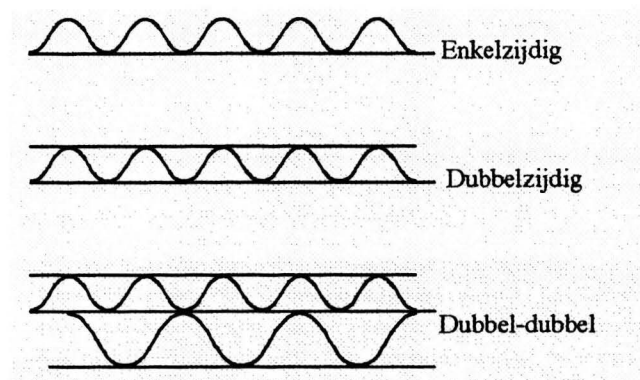
Afbeelding 5 Flow-diagram GKM

In de Single Facer (zie Afbeelding 5) wordt aan een voorbehandelde baan papier (golfbaan) bij een temperatuur van $\pm 180^{\circ}\text{C}$ een golfvorm aangebracht (geriffeld). Deze geriffelde golfbaan wordt met behulp van zetmeellijm onder hoge druk aan de voorverwarmde dekbaan (bovenbaan) gelijmd. Door de hoge temperatuur gebeurt dit verlijmen in een fractie van een seconde. Het nu ontstane enkelzijdig golfkarton wordt ook wel SF-liner genoemd.



Afbeelding 6 De Single Facer

In de Double Facer wordt aan de SF-liner een onderbaan en eventueel een andere SF-liner gelijmd. Dit gebeurt met een veel lichtere druk en een minder hoge temperatuur dan bij de Single Facer. Zodoende heeft na de Double Facer het dubbelzijdige golfkarton enkele seconden tijd nodig om te kunnen verlijmen, wat gebeurt in de droogpartij.



Afbeelding 7 Verschillende typen golfkarton

In het snijgedeelte van de golfkartonmachine worden in de lengterichting vouwlijnen (rillen) en sneden aangebracht. Met kapmessen wordt het golfkarton in de dwarsrichting gesneden.

Er worden drie verschillende dikten golfkarton gemaakt: 3 mm (dubbelzijdige B-golf), 5 mm (dubbelzijdige A-golf) en 8 mm (dubbel-dubbel). Elke dikte kan opgebouwd zijn uit verscheidene kwaliteiten papier. De kwaliteit wordt bepaald door het type en het gewicht van de gebruikte lagen papier.

Van de medewerkers in de GKM-hal wordt verlangd, dat zij in een zo kort mogelijke tijd (1) met zo min mogelijk grondstoffen (2) een voldoende kwaliteit (3) golfkartonplaten produceert, zodanig, dat (4) de seriegrootte-voorraad zo laag mogelijk wordt gehouden (4).

1. Wat betreft de snelheid is de GKM beperkt door de verlijming. Zeker zware kwaliteiten papier en 8 mm golfkarton hebben meer tijd nodig om te verlijmen.
2. Door vermindering van de lijmpobbrengst wordt er bespaard op zetmeel en ook op stoom, omdat er dan minder lijm hoeft te worden gedroogd. Een lage lijmpobbrengst geeft echter de kans op een slechte verlijming.
3. De kwaliteit van de golfkartonplaten hangt samen met de hoeveelheid afval. Hoe lager de kwaliteit, hoe meer afval. De belangrijkste criteria voor kwaliteit zijn de vlakliggendheid van de platen en de sterkte van de verlijming.
4. Het omstellen kan op de GKM binnen enkele seconden. De belangrijkste problemen bij vaak omstellen zijn een toename van het uitval tijdens het instellen en een toename van het indelingsverlies (zie paragraaf 3.2.5).

Om tot een optimum te komen hebben de bedieners van de GKM de volgende instellingsmogelijkheden.

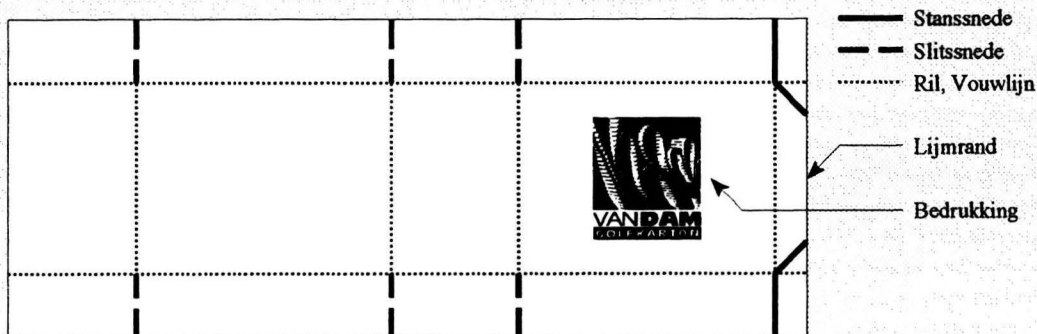
1. Lijmpobbrengst
2. Snelheid
3. Remkracht van de rollenbokken
4. Omslingering van het papier om de voorverwarmer
5. De druk tussen de riffelwalsen
6. Stoomopbrengst op golfbaan
7. Druk op thermobars in droogpartij
8. De brugvoorraad

De productie wordt verstoord door schommelingen in de volgende externe factoren:

1. De kwaliteit van het papier
2. De temperatuur in de GKM-hal
3. De luchtvochtigheid in de GKM-hal.
4. De kwaliteit van de lijm.

3.2.3 De verwerking

In de Verwerkingshal staan verscheidene machines (zie **Bijlage 4**). De golfkartonplaten worden er bedrukt, gerild, geslitst, gestanst, getaped, gelijmd en/of gevouwen. Het intern transport gebeurt met rollenbanen, heftrucks en traversewagens. **Afbeelding 8** geeft weer hoe een golfkartonplaat kan worden verwerkt tot een eenvoudige doos.



Afbeelding 8 Verwerking van een golfkartonplaat.

3.2.4 De expeditie

De expeditie heeft 2 onderdelen:

1. De expeditiehallen, waar een buffervoorraad gereed produkt is opgeslagen. Deze voorraad wordt veroorzaakt door de productie in grote series door de GKM.
2. Het magazijn gereed produkt. Hier wordt een voorraad aangehouden die door enkele grote klanten wordt geëist om van een tijdige levering verzekerd te zijn.

Gemiddeld ligt er voor 10 dagen bestellingen ($1,5 \cdot 10^6 \text{ m}^2$) op voorraad. Het transport naar de klant wordt uitbesteed aan een transportbedrijf.

3.2.5 Het afval en uitval

Bij de productie van golfkarton ontstaat gemiddeld 15% afval en uitval. Afval en uitval verschillen van elkaar doordat afval als onvermijdbaar wordt beschouwd en uitval niet.

Bij de afval- en uitvalregistratie wordt alleen onderscheid gemaakt naar de plaats waar het afval of uitval vandaan komt.

- Hulzenafval ontstaat aan het begin van de GKM. Het bestaat uit hulzen waar het papier omheen gerold heeft gezeten en uit het restant papier, dat niet meer door de GKM afgerold kan worden.
- Uitval tijdens de productie op de GKM. Dit wordt verwijderd op de plaatsen waar dit het best bereikbaar is, zoals bij de brug en bij de liften.
- Snijafval ontstaat doordat een smalle zijstrook van de golfkartonbaan moet worden afgesneden omdat de zijkant van de golfkartonbaan niet aan de kwaliteitsnorm voldoet. Verder ontstaat er op de GKM snijafval doordat de gelaste naden tussen twee opeenvolgende rollen papier moeten worden weggekap.

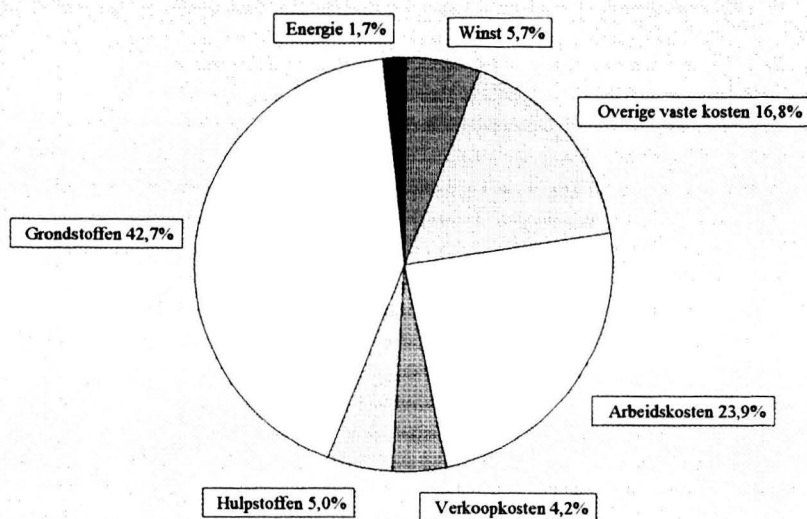
- Indelingsverlies ontstaat doordat de te produceren golfkartonplaten niet te combineren zijn opdat ze precies in te delen zijn op de golfkartonbaan van 2,45 meter breed.
- Uitval na de GKM ontstaat doordat de golfkartonplaten niet aan de kwaliteitseisen voldoen.
- Uitval voor de verwerkingsmachine bestaat uit golfkartonplaten, die volgens de operator niet te verwerken zijn.
- Tijdens de verwerking ontstaat stansafval. Dit bestaat uit golfkartonnen snippers die uit de golfkartonplaten zijn gestanst.
- Uitval na de verwerkingsmachine bestaat uit golfkarton, dat gebruikt is om de machine in te stellen of dat niet goed verwerkt is.
- Uitval bij de expeditie bestaat uit beschadigingen tijdens de opslag, uit retouren van de klant en uit onverkoopbaar produkt.

Het snij- en stansafval wordt afgezogen en naar de afvalloods geblazen. Het overige afval wordt met pallets en handwagens naar de shredder vervoerd waar het wordt versnipperd en naar de afvalloods geblazen.

Naast het papier en golfkarton ontstaat er uit het primaire proces nog een afvalstroom die bestaat uit uitgespoelde inkt en lijm. Deze worden gepompt naar een bezinkbassin, waar een zuiveringsinstallatie staat.

3.3 Kosten

Zoals blijkt uit **Afbeelding 9** zijn de grondstoffen (papier, zetmeel) de grootste kostenpost. De energiekosten vormen slechts een klein deel van de totale kosten, maar zijn in vergelijking met de winst toch aanzienlijk.



Afbeelding 9 Verhouding winst en kosten (1994)

Onder energiekosten worden bij Van Dam de uitgaven aan aardgas en elektriciteit bedoeld. Deze uitgaven waren zowel in 1993 als in 1994 f 450.000 aan elektriciteit en f 400.000 aan aardgas. Het aardgas wordt naar schatting voor 50% besteed aan verwarming van de gebouwen en voor 50% aan stoom voor de golfkartonproductie.

4 Gebouwen

De gebouwen bij Van Dam zijn sinds de oprichting veelvuldig verbouwd en uitgebreid. Dit heeft tot gevolg gehad, dat de onderdelen van de gebouwen nu allemaal verschillende eigenschappen hebben. Het zou te ver voeren om alle onderdelen apart te behandelen, daarom worden in dit hoofdstuk slechts de algemene kenmerken behandeld. Een plattegrond van de gebouwen bevindt zich in **Bijlage 3**.

4.1 Locatie

De locatie van de golfkartonfabriek van Van Dam te Helmond heeft enkele nadelen. Het Management Team van Van Dam ziet als grootste nadeel, dat de fabriek gelegen is naast een woonwijk. Hierdoor moet er bij investeringen veel aandacht worden besteed aan de geluidsemissies. Een ander nadeel is dat in de provincies Noord Brabant en Gelderland elf van de vijftien Nederlandse golfkartonfabrieken gelegen zijn. Door de concentratie van producenten is het moeilijk om klanten te werven binnen deze regio. Dit brengt hogere transportkosten met zich mee. Het transport wordt uitbesteed. Daarom wordt het energiegebruik voor extern transport in dit verslag verder buiten beschouwing gelaten.

4.1.1 Klimaat

Het klimaat in Oost Brabant kenmerkt zich door warme zomers, koude winters en weinig wind. Dit geeft meer koelingskosten in de zomer en iets meer verwarmingskosten in de winter ten opzichte van bij een locatie aan de kust van Nederland. Het gaat hier naar schatting om ongeveer een procent van de totale energiekosten.

4.1.2 Energie-inkoop

Volgens een analyse van de energie-inkoop door GfE energy management in 1993 is de elektriciteit van de PNEM 7% goedkoper dan van het GEB te Rotterdam.

Van Dam heeft weinig mogelijkheden om laagwaardige energie te gebruiken, dus het zal weinig voordelen bieden om een locatie op te zoeken, waar goedkope laagwaardige energie beschikbaar is.

4.1.3 Relevantie van de locatie

Het verplaatsen van een fabriek is een dermate grote investering, dat dit een aparte studie vergt. In deze paragraaf zijn alleen de gevolgen van de locatiekeuze voor het energiegebruik behandeld. Wat betreft de uitgaven aan energie is Helmond een goede locatie. Er moet weliswaar meer energie worden uitgegeven aan koeling en verwarming, maar daartegenover staat, dat de prijs van de elektriciteit lager is dan in andere regio's.

4.2 Datering

In deze paragraaf wordt gekeken of de omvang, de vorm, de transmissiewaarde en de lichtinval van de gebouwen nog voldoen aan de normen van een energiezuinig gebouw.

4.2.1 Omvang

Door produktiviteitsverhoging van de produktiemachines is een overcapaciteit aan machines ontstaan. Aangezien machines ruimte nodig hebben, betekent overcapaciteit van de machines indirect overcapaciteit van de gebouwen. Er wordt dus een grotere oppervlakte van het gebouw verwarmd en verlicht dan nodig. Een desinvestering in machines en gebouwen voor het verminderen van de energiekosten is echter erg rigoureuus en zou bovendien de energiekosten slechts weinig verlagen.

Een andere manier om het specifieke energiegebruik te verminderen is het verhogen van de afzet. De gebouwen en het machinepark hebben voldoende capaciteit om meer golfkarton te produceren. Een groot deel van het energiegebruik is onafhankelijk van het produktievolume.

Doordat klanten meer geneigd zijn om het voorraadpunt bij de leverancier te leggen wordt Van Dam geconfronteerd met een hoge voorraad aan halfprodukt en gereed produkt. De buffer-opslagruimte en de expeditie bij Van Dam zijn hiervoor iets te klein geworden. Daarom moet er geregeld ruimte worden gehuurd. Het gaat hierbij om 15% van de totale behoefte aan opslagruimte. Toch staat een uitbreiding voorlopig nog niet op het programma, omdat men eerst probeert om de voorraad weer omlaag te krijgen.

4.2.2 Vorm

De lay-out van de goederenstroom bij Van Dam verschilt niet veel van andere golfkartonfabrieken. Alleen voor het transport van de GKM naar de VWK-hal moeten de goederen een kleine omweg maken omdat er een nis is tussen de GKM-hal en de VWK-hal. In deze nis is de compressorruimte en het elektriciteitsverdeelstation opgesteld. Het is erg duur om deze te verplaatsen, dus de kleine omweg wordt geaccepteerd. Wel zou de nis kunnen worden overkapt om de transmissieverliezen te verminderen.

De afvalloods, het ketelhuis en de Technische Dienst (TD) staan op een behoorlijke afstand (± 50 m) van de fabriek. Het transport van afval, heet water en stoom en condensaat kost meer energie dan bij een meer centrale plaats. De afstand van de TD naar de fabriek leidt tot meer arbeidsuren.

Gebruik makend van vergelijking (5) kan een schatting worden gegeven van de kostenbesparing als het ketelhuis inclusief de Technische Dienst 50 meter wordt verplaatst en zo tegen de fabriek aan komt te liggen. In **Bijlage 6** is berekend hoeveel de transportkosten per meter per jaar zijn tussen de fabriek en de TD (inclusief ketelhuis). De resultaten hiervan staan in **Tabel 4.1**. Hieruit volgt, dat de jaarlijkse kostenbesparing bij een verplaatsing van de TD van 50 meter naar de fabriek gelijk is aan $50 * f 267 = f 13.350$. Voor de kosten van een verplaatsing moeten nog gegevens bij bouwbedrijven (leveranciers) worden ingewonnen.

Tabel 4.1 De transportkosten per meter per jaar tussen TD, ketelhuis en fabriek.

Stoom	f 12
Condensaat	f 9
Verwarmingwater	f 71
Mensen	f 175
Totaal	f 267

Verder blijkt uit de berekening over de transportkosten van het stansafval in **Bijlage 6**, dat het verplaatsen van de afvalloods naar de fabriek een kostenbesparing van $f 730$ per meter oplevert. Een verplaatsing van 50 meter bespaart dus $f 36.500$ per jaar. Gegevens over de kosten van een verplaatsing moeten nog bij een of meerdere bouwbedrijven worden ingewonnen.

Met een verandering van de vorm van de gebouwen bij Van Dam kan ook worden gekeken naar een verkleining van het verwarmd oppervlak. Verkleining van het verwarmd oppervlak kan worden gerealiseerd door:

1. Het verplaatsen van de afvalloods tegen de fabriek aan.
2. Het verplaatsen van het ketelhuis en de technische dienst tegen de fabriek aan.
3. Het afdichten van de nis tussen de GKM-hal en de VWK-hal
4. Het afdichten van de nis tussen de GKM-hal, het rollenmagazijn en het magazijn gereed produkt.

Voor elke mogelijkheid is in **Bijlage 7** is de besparing per m² verminderd buitenwandoppervlak berekend. In **Tabel 4.2** wordt de besparing aan energiekosten gegeven, uitgaande van de mogelijke oppervlaktevermindering.

Tabel 4.2 Besparingsmogelijkheden door oppervlaktevermindering

Verandering	Wand	Kostenbesparing (f/m ² .jaar)	Oppervlaktevermindering (m ²)	Kostenbesparing (f/jaar)
Verplaatsen afvalloods	Fabriek	2,64	60	158,40
	Fabriek	5,29	80	423,20
Verplaatsen TD en ketelhuis	TD	5,29	80	423,20
	VWK	1,06	100	106,00
Afdichten nis VWK-GKM	GKM	5,29	100	529,00
	GKM	2,64	150	396,00

4.2.3 Transmissiewaarde

Een klein gedeelte van de gebouwen is geïsoleerd. Er is geen dubbele beglazing aanwezig. Slechts enkele lichtkanalen op het dak zijn dubbelwandig. Vervanging van enkel glas en enkelwandige lichtkanalen voor dubbelglas en dubbelwandige lichtkanalen verkleint de transmissiewaarde van 5 W/m².K tot 2 W/m².K. Volgens de berekening in **Bijlage 7** bespaart deze vermindering f 8 per m² per jaar. Het gaat hierbij om ongeveer 3000 m², zodat jaarlijks f 24.000 kan worden bespaard. Isolatie van de wanden en daken van een transmissiewaarde van 3 W/m².K tot 1 W/m².K bespaart jaarlijks f 5 per m². Hiervoor komt 8.000 m² in aanmerking, zodat jaarlijks f 40.000 kan worden bespaard.

De prijs van dubbelglas, dubbelwandige lichtstraten en wand- en dakisolatie ligt (afhankelijk van de uitvoering) om en nabij de f 200 per m². De terugverdientijd is dus langer dan 20 jaar voor deze investeringen en daarom niet interessant uit louter energiebesparings-overwegingen.

In de VWK-hal wordt de hoge transmissiewaarde van de lichtstraten als hinderlijk ervaren aangezien hiermee veel zonnestraling naar binnen kan treden. Geschat wordt dat de toetredingsfactor van ongeverfde lichtstraten 0,3 is. Dit wil zeggen dat 30 procent van de opvallende zonnestraling wordt doorgelaten. In de zomer kan deze opvallende zonnestraling (horizontaal) 5 W/m² zijn. In het dak van de Verwerkingshal heeft voor ongeveer 30% (4000 m²) aan lichtkanalen.

$$0,3 * 5 [W/m^2] * 4000 [m^2] = 6000 W.$$

Dit is ongeveer tien keer zoveel als de energie die door de apparaten wordt afgegeven. Het verven of krijten van de lichtstraten in de zomer met een tijdelijke laag verlaagt de binnentemperatuur.

4.2.4 Lichtinval

Naar schatting bestaan de buitenwanden en daken voor 30% uit lichtdoorlatend materiaal (glazen wanden, kunststof lichtkanalen). Vooral bij de kantoren, het ketelhuis, de TD en gedeelte 2 van de VWK-hal (zie **Bijlage 4**) kan veel licht naar binnen komen. Hierdoor kan de binnentemperatuur in de zomer erg oplopen. De kantoren hebben lamellen en luifels tot hun beschikking om zich hiertegen te weren. De lichtkanalen kunnen in de zomer worden gekalkt om overbodige lichtinval te voorkomen.

De lichtkanalen in gedeelte 4 en 5 zijn erg vervuild en verkleurd en laten weinig licht door, zodat kunstlicht vaker nodig is dan in gedeelte 2. Aangezien momenteel bij Van Dam het kunstlicht vrijwel continu aanstaat, ongeacht of er wel of niet genoeg daglicht naar binnen komt, is een berekening over de te besparen verlichtingskosten nog niet aan de orde.

4.2.5 Relevantie van de datering

Datering van de gebouwen bij Van Dam is een minder belangrijke verklaring voor het hoge specifieke energiegebruik. Investerings die de vorm of de transmissiewaarde van de gebouwen verbeteren kunnen 35% besparen op de verwarmingskosten. Hiervoor moet dan wel een investering worden gedaan die zo groot is, dat deze niet alleen door energiebesparing gerechtvaardigd kan worden. Een vervangingsinvestering of de behoefte aan een beter klimaat voor de mensen en voor het produkt zouden wel een aanleiding kunnen zijn voor een investering ter verlaging van de transmissiewaarde.

Verandering van de vorm kan de stoom- en elektriciteitskosten verminderen. Vooral het verplaatsen van de afvalloods is interessant, omdat dit een besparing geeft van 8% op de elektriciteitskosten, terwijl de investering niet zo hoog hoeft te zijn. Verder geeft het verplaatsen van de TD en het ketelhuis enige besparing in de energiekosten, maar vooral in de arbeidskosten.

5 Machines

Zoals in paragraaf 2.2 is vermeld, kunnen de apparaten worden onderverdeeld naar drie doelen: het primaire proces, de verbetering van het klimaat en de omzetting van energiedragers.

Bij Van Dam vallen onder de apparaten voor het primaire proces:

- . De golfkartonmachine.
- . De verwerkingsmachines.
- . De rollenbanen.
- . De traversewagens.
- . De heftrucks.
- . De ventilatoren afzuiging van stansafval.

Voor de verbetering van het klimaat zijn de volgende energie gebruikende apparaten aanwezig:

- . De afzuiging van de GKM-hal.
- . De luchtverhitters en circulatiepompen van de centrale verwarming.
- . De airconditioning van de kantoren.
- . De verlichting.

Voor de omzetting van de primaire energiedragers, elektriciteit en aardgas, naar andere energiedragers komen de volgende apparaten in aanmerking:

- . De stoomketel.
- . De CV-ketels.
- . De persluchtcompressoren.

5.1 Datering

Om te weten in welke mate de apparaten meer energie gebruiken dan normaal moeten de normen bekend zijn. Van de meeste hierboven genoemde apparaten is het normgebruik niet bekend. Daarom zullen slechts enkele worden behandeld.

5.1.1 De golfkartonmachine (GKM)

De GKM kan meer produceren dan dat de verwerkingsmachines kunnen verwerken. De overcapaciteit van de GKM leidt echter niet tot een veel hoger energiegebruik, want als de GKM niet nodig is wordt deze voor een dag uitgezet zodat nullastverliezen worden vermeden. Om een normering te krijgen voor het energiegebruik van de GKM is vergelijking met andere golfkartonfabrieken nodig. Een vergelijking is gedaan voor wat betreft het stoomverbruik. Hieruit volgde dat het stoomverbruik bij Van Dam niet veel hoger is dan bij de andere bedrijven. Een normering voor het elektriciteitsverbruik is nog niet opgesteld.

5.1.2 De luchtverhitters en circulatiepompen

De luchtverhitters en de circulatiepompen hebben samen een geïnstalleerd vermogen van 83 kW, welke 8 maanden per jaar gebruikt worden. De vervuilde staat van de luchtverhitters en de geluidsemissie van de circulatiepompen geven de indruk gedateerd te zijn. Metingen zijn hierover echter nog niet gedaan.

5.1.3 De verlichting

Verlichting in de fabriekshallen gebeurt met TLD 58W lampen die een verlichting geven van gemiddeld 120 lux. Voor verlichting in de lichte tot middelzware industrie wordt door [15, blz 290-291] een verlichtingssterkte van 200-300 lux aanbevolen. In de kantoren is de verlichtingssterkte

hoger (tot 400 lux). Omgerekend per m² fabriekshal hebben de lampen inclusief armatuur en exclusief voorschakelapparatuur een rendement van $120 * 22000 \text{ m}^2 / 80 \text{ kW} = 33 \text{ lumen/Watt}$. De huidige normering voor het rendement van nieuwe TL-lampen voorzien van een hoogfrequente voorschakelapparatuur en een schone armatuur (rendement 75%) is 60 lumen/Watt. Het aantal lampen en het elektriciteitsverbruik kunnen hiermee gehalveerd worden. Dit geeft een besparing van $\frac{1}{2} * 80 \text{ kW} * 3600 \text{ uur/jaar} * f 0,10/\text{kWh} = f 14.400/\text{jaar}$.

5.1.4 De stoomketel

De stoomketel is overgedimensioneerd. De maximale capaciteit is 12 ton stoom per uur, terwijl de maximale vraag tijdens de produktie 3 ton per uur is. Alleen 's ochtends bij het opstarten is de vraag enkele tientallen minuten hoger. Deze overcapaciteit zorgt ervoor, dat de stralingsverliezen van de ketel ongeveer drie maal zo hoog zijn als bij een vergelijkbare ketel met een maximale capaciteit van 3 ton stoom per uur. Deze stralingsverliezen zijn bij Van Dam nog groter dan normaal, aangezien de stoomketel allerlei verouderde en niet meer gebruikte appendages heeft die zelf ook energie verliezen.

De stralingsverliezen zijn moeilijk meetbaar, maar aan de hand van normeringen gesteld door de fabrikant kan een schatting worden gegeven. Geschat wordt dat bij Van Dam een stralingsverlies is van 6% van het stoomverbruik, terwijl een nieuwe stoomketel van 3 ton slechts 1% zou verliezen aan straling. Een besparing van 5% op het aardgasverbruik voor stoomproduktie is niet voldoende om een nieuwe stoomketel binnen 20 jaar terug te verdienen. Een vervanging van de huidige ketel staat echter toch al op het programma. Aangezien de verwachting is dat nieuwe golfkartonmachines sneller zijn en meer stoom nodig hebben dan de huidige moet de nieuwe stoomketel een capaciteit van ongeveer 6 ton stoom/uur hebben (2 ton per golfmachine en 2 ton voor de droogpartij).

5.1.5 De CV-ketels

Van Dam heeft twee CV-ketels: een grote (5100 kW) in het ketelhuis en een kleine (225 kW) bij de kantine en de ontwerpafdeling. Verder zijn in de GKM-hal een brander met luchtverhitter (LV, 400 kW) en een brander met buitenluchtaanzuiging (CalFlo, 639 kW) opgesteld.

De CalFlo en de LV hebben geen nullastverliezen, omdat ze niet op temperatuur hoeven te worden gehouden als ze niet gebruikt worden. Het heeft dan ook geen zin om te bepalen of ze overgedimensioneerd zijn. Er zijn geen metingen gedaan om de rendementen te kunnen berekenen omdat het aandeel in het energiegebruik gering is ($\pm 1,5\%$ van het gasverbruik voor verwarming). De kleine CV-ketel staat bij een buitentemperatuur rond het vriespunt gemiddeld 25% aan. Indien de buitentemperatuur boven de 20°C is staat hij nog altijd 10% van de tijd te branden. Dit duidt aan dat de nullastverliezen van de ketel erg hoog zijn. Vervanging van de ketel bespaart ongeveer 40 m³ aardgas per dag gedurende negen maanden. De jaarlijkse besparing is dan $f 2800$.

Het is niet bekend of de grote CV-ketel overgedimensioneerd is. Aangezien er geen aparte gasmeter is voor de verwarmingsapparatuur, kan het gasverbruik voor de CV-ketels slechts worden afgeleid uit het totale gasverbruik (zie **Bijlage 9**). De gasmeter wordt niet iedere dag op hetzelfde uur genoteerd. Hierdoor kan niet worden afgeleid hoe hoog en wanneer het maximale verbruik is geweest.

5.1.6 De compressoren

Perslucht wordt verbruikt door de apparaten in de VWK-hal, de GKM-hal en het ketelhuis. Ook wordt het wel verbruikt om machines schoon te spuiten.

Voor de produktie van perslucht zijn twee compressoren geïnstalleerd. Compressor 2 slaat pas aan als compressor 1 niet aan de vraag kan voldoen.

In Tabel 5.3 wordt het aantal belaste en onbelaste draai-uren in het eerste kwartaal van 1995 (91 dagen, 2184 uren; 58 produktiedagen, 986 produktie-uren) van de 2 compressoren weergegeven. In de belaste uren wordt het geïnstalleerde vermogen volledig gebruikt en tijdens de onbelaste uren voor ongeveer 50%.

Tabel 5.3 Draai-uren van de compressoren

	Geïnstalleerd vermogen	Belaste draai-uren	Onbelaste draai-uren	Totale uren
Compressor 1	75 kW	1106	928	2034
Compressor 2	55 kW	165	440	605

Gemiddeld wordt compressor 1 per produktiedag 16 uren belast en in het weekend 6 uren per dag. Aangezien in het weekend perslucht alleen maar voor een klep van de CV-ketel aangewend wordt kan worden gesteld, dat 6/16^e deel van de perslucht weglekt.

5.1.7 Relevantie van datering

Gezien de verwachting dat nieuwe golfkartonmachines meer stoom nodig zullen hebben kan er met een nieuwe ketel van 6 ton stoom/uur capaciteit slechts 3% worden bespaard. Dit is nog geen procent van het totale energiegebruik.

Vervanging van de kleine CV-ketel heeft slechts een geringe invloed op het energiegebruik, maar de besparing weegt op tegen de geringe investering.

Aangezien alle TL-lampen tegelijkertijd worden vervangen is het wellicht interessant om dan ook de armaturen te vervangen en hoogfrequente voorschakelapparatuur te installeren. Als voordelen kunnen het hogere rendement, de langere levensduur en de mogelijkheid om veel te schakelen zonder dat dit ten koste gaat van de levensduur van de lamp. Een automatische regeling komt daarom beter tot zijn recht bij een hoogfrequent voorschakelsysteem.

Uit het persluchtcircuit lekt voor f 5000 per jaar weg. Onderhoud van het persluchtcircuit kost minder.

6 Methoden

Als enige oorzaak van een hoog specifiek energiegebruik in de categorie Methoden kan de inefficiëntie van de produktiewijzen worden aangewezen. In dit hoofdstuk wordt aangegeven hoe bij Van Dam de inefficiënte produktiewijzen zijn opgespoord en wat de alternatieven zijn voor deze produktiewijzen.

6.1 Efficiëntie van de produktiewijze

De produktiemethoden bij Van Dam zijn er in eerste instantie op gericht om zeker te zijn van de voortgang van de produktie. Hoeveel energie de methode nodig heeft komt bij het invoeren van de methode niet aan de orde. Dit komt doordat men de uitgaven aan energie niet kent en er dus ook niet op wordt afgerekend.

Kennis van het huidige energiegebruik

De kennis van het te hoge huidige energiegebruik door de gebruikte methoden kan voor een deel uit de massa- en energiebalansen worden afgeleid. Een eenvoudige massa- en energiebalans is in Tabel 6.1 opgesteld. De meer gedetailleerde massa- en energiebalansen voor januari en augustus 1994 staan in Bijlage 2.

Tabel 6.1 Massa- en Energiebalans januari 1994 voor Van Dam

Invoer	Massa (ton)	Energie (GJ)	Uitvoer	Massa (ton)	Energie (GJ)
Suppletiewater	417		Regeneratiewater	17	1
Verbrandingslucht	2220		Spuiwater	50	20
Aardgas	148	6236	Rookgassen	2368	940
Papier	2296		Lekkage	330	495
Zetmeel	46		Afval/Uitval	399	12
Additieven	5		Afzuiging Damp	39613	1398
Water voor lijm	138		Afzuigingslucht	30000	420
			Stansafval		
Koelwater	500		Koelwater	500	30
Spoelwater	503		Afvalwater	503	52
Inkt	3		Golfkarton	1996	60
Buitenlucht	69500				
Zonlicht		98			
Elektriciteit		1152	Energieverlies (Q _v)		4059
Totaal	75776	7486		75776	7486

Uit de balansen blijkt onder anderen dat:

- 1a. 25% van het elektriciteitsverbruik besteed wordt aan de afzuiging van stansafval;
- 1b. de afzuiging van stansafval veel lucht en hiermee veel energie uit de VWK-hal trekt;
2. via de rookgassen veel energie het systeem verlaat;
3. de afzuiging van damp uit de GKM-hal veel lucht uit de VWK-hal trekt;
4. het percentage van het condensaat dat terugkomt laag is, terwijl 95% van het condensaat zou kunnen worden teruggewonnen.

5. de energie die via stoom in het golfkarton wordt gebracht nauwelijks leidt tot verhoging van de energie-inhoud van het golfkarton, maar verdwijnt via convectie en straling;
Er moet nog worden nagegaan welke alternatieve methoden er bestaan en hoeveel die kosten. Deze gegevens zijn bij leveranciers te verkrijgen.

Een andere manier om te ontdekken, welke methoden inefficiënt zijn, is het bekijken en analyseren van de gebruikte methoden zonder te meten. Op deze manier zijn de volgende inefficiënte methoden ontdekt.

6. Koeling gebeurt met leidingwater, dat na gebruik geloosd wordt.
7. De verwarming gebeurt met een centrale verwarming, die met behulp van heet water luchtverhitters in de fabriek verwarmd. Hierbij worden nauwelijks thermostaten gebruikt, maar worden de luchtverhitters handmatig uitgeschakeld of wordt de temperatuur van het hete water handmatig op een lager niveau gebracht.
8. De TL-verlichting staat overdag ook aan, terwijl het kunstlicht maar een fractie is van het licht dat door de ramen naar binnen komt.
9. Het schoonmaken van de machines gebeurt vaak met behulp van perslucht. Naast het feit, dat perslucht niet echt geschikt is om schoon te maken aangezien perslucht het stof slechts verplaatst en niet verwijdert, is het bovendien een methode die veel energie vergt.
10. Aangezien Van Dam zowel voor het productieproces tegelijkertijd warmte en kracht gebruikt, lijkt de aanschaf van een Warmte/Kracht-koppelingsinstallatie rendabel.

Het overbodige energiegebruik dat wordt veroorzaakt door het niet efficiënt zijn van deze methoden zijn niet exact te meten maar wel te schatten.

6.1.1 Afvoer stansafval

Voor de afvoer van stans- en snijafval zijn verscheidene alternatieven

Tabel 6.2 Besparingsmogelijkheden bij alternatieven voor afzuiging stansafval.

Alternatief	Besparing elektriciteit	Besparing verwarming
Verwijderen stofafscidders	ja	nee
Verplaatsen afvalloods (zie 4.2.2)	ja	nee
Afvoer per transportband	ja	ja

Een stofafscheider wordt geplaatst tussen twee ventilatoren om te voorkomen, dat de tweede ventilator moet afzuigen uit een persleiding. Indien twee ventilatoren en een stofafscheider worden vervangen door een grote ventilator is in totaal minder elektriciteit nodig.

Bij een verplaatsing van de afvalloods naar een plaats dicht bij het ontstaan van afval zijn minder zware ventilatoren nodig om het drukverlies te overbruggen.

Afvoer per transportband kan het elektriciteitsverbruik met 90% verminderen en veroorzaakt geen afzuiging van lucht. De investering is echter duur en de installatie is moeilijk te wijzigen indien de stansmachines van plaats moeten veranderen.

6.1.2 De rookgasverliezen

De rookgassen van de CV-ketel worden direct uitgestoten en die van de stoomketel via een economiser. De economiser kan de energie uit de rookgassen echter niet kwijt en koelt de rookgassen daardoor nauwelijks af. Om de energie uit de rookgassen te kunnen gebruiken moet er

worden gezocht naar plaatsen waar laagwaardige energie nodig is. Een inventarisatie leidt tot de volgende mogelijkheden.

Tabel 6.3 Toepassingen van laagwaardige energie

Mogelijkheid	Temperatuur	Vooral tijdens koude of productie?
Opwarmen van suppletiewater	100°C	productie
Opwarmen van toestromende buitenlucht	20°C	koude
Opwarmen verbrandingslucht CV-ketel	60°C	koude
Opwarmen verbrandingslucht Stoomketel	60°C	productie

Voor het opwarmen van het suppletiewater is naast de economiser of rookgascondensor tevens een ontgasser nodig, die bij hogere temperaturen en drukken kan werken. Verder moet het opwarmen van het suppletiewater pas worden overwogen als eerst het gebruik van suppletiewater is geminimaliseerd (zie paragraaf 6.1.4).

Voor het opwarmen van de toestromende buitenlucht is een grote warmtewisselaar nodig, omdat de warmte-overdracht van lucht naar lucht via een warmtewisselaar langzaam gaat. Verder kan de grote afstand van de ketel naar de fabriekshal een probleem zijn.

De aanzuiging van verbrandingslucht gebeurt nu vanuit de nok van het ketelhuis. Daar schommelt de temperatuur tussen de 15 en de 40°C. Volgens [12, blz 8.9] wordt de NO_x-emissie nauwelijks hoger indien de temperatuur van de verbrandingslucht stijgt tot 80°C.

6.1.3 De afzuiging in de GKM-hal

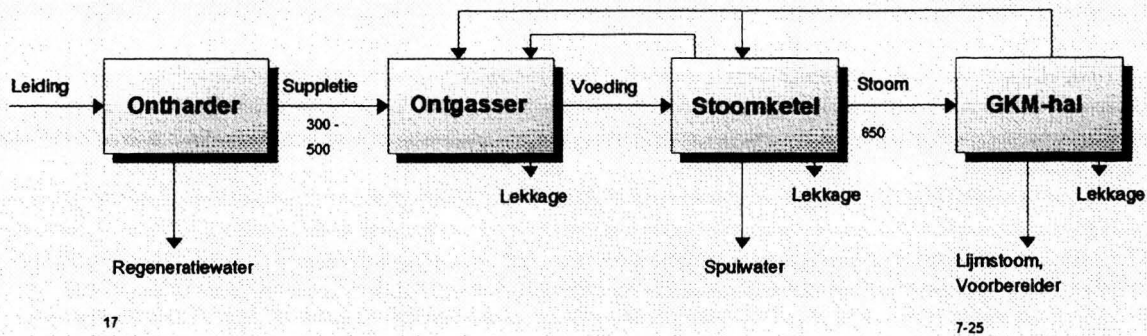
In de GKM-hal wordt op drie manieren lucht afgezogen:

1. De vacuümzuiger in de Single Facer is bedoeld om de golfbaan tegen de riffelwals aan te zuigen. Tegenwoordig zijn hier andere methoden voor, maar totdat de huidige Single Facers vervangen worden is een voordelig alternatief om de vacuümzuigers (automatisch) uit te schakelen als de Single Facer niet produceert.
2. De Single Facers zijn beide omkapseld door een geluidsomkasting. Om de temperatuur in deze omkastingen niet te veel te doen oplopen wordt hier lucht uit afgezogen met behulp van ventilatoren. Deze ventilatoren worden handmatig in- en uitgeschakeld. Als dit schakelen met behulp van een thermostaat zou gebeuren, dan kan de afzuiging tot een minimum worden beperkt. Bovendien wordt de temperatuur binnen de omkastingen dan constant gehouden. In de omkastingen kan, in plaats van lucht uit de GKM-hal, ook buitenlucht worden toegevoerd. Hierdoor kunnen de Single Facers met minder lucht worden gekoeld en wordt tocht in de GKM-hal voorkomen.
3. In het dak van de GKM-hal zijn op willekeurige plaatsen zes ventilatoren geïnstalleerd, die dienen voor de afvoer van warme en/of vochtige lucht. Als alleen de warmte en het vocht zou worden afgezogen bij de droogpartij en eventueel bij de brug zou er veel minder lucht hoeven worden afgezogen. Dit werkt nog beter als de GKM geïsoleerd is (zie paragraaf 6.1.5). Door een thermostaat in combinatie met een luchtvochtigheidsmeter zouden de ventilatoren kunnen worden geregeld. Dit minimaliseert de afzuiging en egaliseert het klimaat in de GKM-hal.

6.1.4 Het suppletiewaterverbruik

Bij de fabricage van golfkarton is stoom nodig voor het verwarmen van de primaire lijm en voor het bevochtigen van de golfbaan. Bij Van Dam is hiervoor hoogstens 25 ton per maand nodig. Rekening houden met een spuipercentage van 12%, is dus slechts 28 ton suppletiewater per maand nodig. In werkelijkheid ligt het maandverbruik aan suppletiewater tussen de 200 en de 500 ton per maand (zie

Afbeelding 10 en Bijlage 8). Dit hoge verbruik ligt niet alleen aan slijtage, maar ook aan de methode van condensaat-terugwinning.



Afbeelding 10 Water- en stoomhuishouding in het stoomcircuit

De afwatering van sommige condenspotten is onvoldoende tijdens het opstarten van de GKM. Daarom worden deze condenspotten kortgesloten door een by-pass. Deze by-pass staat altijd open en laat continu stoom in de condensaatleiding. Dit zorgt voor een oververhitting van de ontgasser welke slechts geschikt is voor temperaturen tot 110°C (0,5 bar overdruk). Zodoende wordt er ontspanningsstoom afgeblazen.

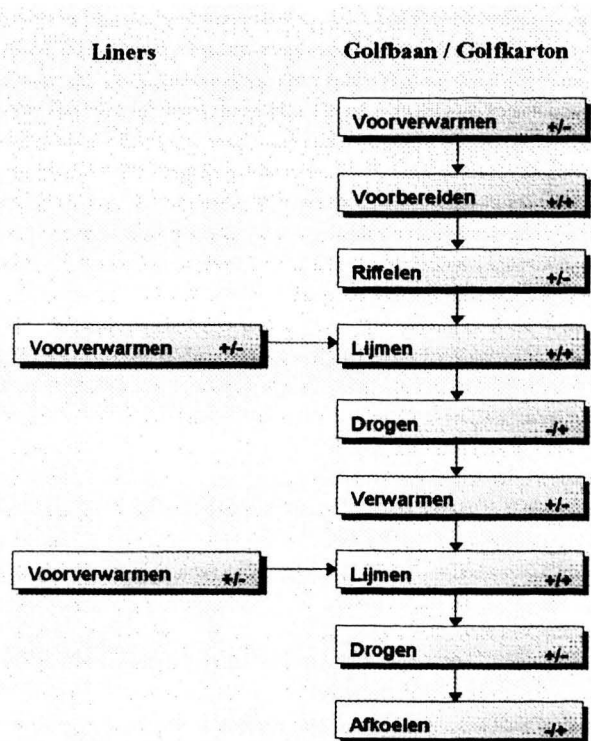
Het vervangen van de condenspotten door grotere en van de ontgasser door een die geschikt is voor hogere drukken en temperaturen kan dit afblazen verminderen.

6.1.5 De warmtehuishouding van golfkarton

Het papier ondergaat tijdens de productie veranderingen in energie- en vochthuishouding. Schematisch is in Afbeelding 11 weergegeven bij welke processen respectievelijk energie en vocht worden toe- en afgevoerd. Hieruit blijkt, dat aan de golfbaan en de top-liner (bovenbaan) twee maal energie en vocht wordt toegevoerd en weer afgevoerd.

De lijm wordt op een temperatuur van 35°C gehouden. Om te voorkomen dat in de Single Facer de riffelwals te veel energie uitstraalt naar de lijm, is een met leidingwater gekoelde plaat tussen de riffelwals en de lijmbak geplaatst. Bij een proces met veel verwarming en koeling is proces-integratie te overwegen. Hierbij wordt de energie die bij de koeling vrijkomt gebruikt voor de verwarming. Voorbeelden:

1. De opgewarmde lucht die gebruikt is om de golfkartonplaten af te koelen kan naar de droogpartij worden gezogen. Voor de verlijming en voor het drogen is hier een hoge temperatuur namelijk effectiever dan een lage luchtvochtigheid.
2. De opgewarmde lucht die gebruikt is bij de droogpartij kan worden geleid naar de brug alvorens het wordt afgezogen. Hiermee wordt het enkelzijdige golfkarton op de brug warm en vochtig gehouden. Dit zal de golfkartonplaten iets meer hol doen trekken (normal warp), maar



Afbeelding 11 De productie van golfkarton

aangezien de golfkartonplaten meestal bol trekken (reverse warp) is dit alleen maar voordelig. Het enkelzijdige golfkarton hoeft dan minder te worden opgewarmd bij de double facer.

Procesintegratie geeft ingrijpende veranderingen aan de regelmogelijkheden in het productieproces. Regelingen worden met proces-integratie namelijk aan elkaar gekoppeld. Aangezien het productieproces nog niet volledig beheerst wordt is een beperking van de regelmogelijkheden vooralsnog af te raden. Eenvoudiger is het om de GKM te isoleren. Hierbij kan gedacht worden aan de droogpartij en de voorverwarmer voor de droogpartij, aangezien daar momenteel de grootste hoeveelheid energie wordt afgestaan.

6.1.6 Het koelwater

Het koelwater wordt geloosd bij een temperatuur van ongeveer 19°C in de winter. Dit water kan worden opgeslagen en gebruikt voor de aanmaak van lijn. Op deze manier is er minder stoom nodig om de lijn op te warmen.

6.1.7 De verwarming

Het belangrijkste die aan de methode van verwarming kan veranderen, is een automatische regeling met behulp van thermostaten en regelkleppen. Op deze manier wordt voorkomen, dat delen van het gebouw worden verwarmd terwijl daar hier geen behoefte aan is. Zo wordt er 's nachts en in het weekend net zo veel verwarmd als tijdens de productie-uren, terwijl er alleen overdag (vooral 's ochtends) behoefte aan is. De mogelijkheid tot nachtverlaging is alleen aanwezig bij de kantoren, maar hier wordt geen gebruik van gemaakt.

Een aparte CV-ketel voor de kantoren vermindert de ketel- en leidingverliezen gedurende de twee maanden per jaar dat er alleen verwarmingsbehoefte in de kantoren is.

Heteluchtverwarming met een regeling of binnen- of buitenlucht wordt aangevoerd heeft een hoog rendement, werkt snel en vermindert koude tocht op de werkvloer.

6.1.8 De verlichting

De verlichting wordt handmatig geregeld. Dit houdt in de praktijk in, dat de verlichting tijdens de productie-uren vrijwel altijd aanstaat. Een automatische regeling die werkt op een lichtcel kan de verlichting automatisch in- en uitschakelen. Een besparing van 50% op de verlichtingskosten is mogelijk. Dit is $\frac{1}{2} * 80\text{kW} * 3600 \text{ uur/jaar} * f 0,10/\text{kWh} = f 14.400/\text{jaar}$ ten opzichte van het huidige gebruik. Aanschaf van hoogfrequente verlichting (zie 5.1.3) geeft ongeveer dezelfde besparing op de verlichting, maar beide besparingen mogen niet worden opgeteld als beide maatregelen worden ingevoerd.

6.1.9 Misbruik van perslucht

Om te voorkomen dat de operators hun machine met perslucht schoonmaken moet er een deugdelijk alternatief voor de operator komen. Aangezien alleen zuigkracht niet voldoende is om het vastzittende stof los te krijgen moet dit in combinatie met een mechanisch hulpmiddel zoals een borstel.

6.1.10 Warmte-Kracht/koppeling

Volgens [6] is een WKK-installatie niet interessant bij een elektrisch vermogen van 3 MW_e. Uit studie [3] is een WKK-installatie bij golfkartonfabriek De Zeeuw in Eerbeek nauwelijks rendabel, terwijl hierbij zelfs geen rekening is gehouden met de eis, dat voor de productie van golfkarton

stoom nodig is van 200 °C. Uitgaande van deze bevindingen komt in dit verslag WKK verder niet aan de orde.

6.1.11 Relevantie van de inefficiënte produktiewijzen

Het vervangen van de afzuigers voor transportbanden, in combinatie met het verplaatsen van de afvalloods geeft samen een besparing van ongeveer 12% van het totale elektriciteitsverbruik.

Het gebruik van de energie uit rookgassen heeft alleen zin als deze energie gebruikt kan worden dicht bij de ketel. Als het suppletiewaterverbruik wordt verkleind zijn verder het opwarmen van de verbrandingslucht en/of de toestromende buitenlucht andere mogelijkheden om deze energie te benutten. Voor deze laatste mogelijkheid is ook een verplaatsing van het ketelhuis nodig.

Een regeling van de afzuiging in de GKM-hal doet de klimaatomstandigheden in de GKM-hal minder schommelen en vermindert de tocht in de VWK-hal en de expeditie. Hier tegenover staat slechts een kleine investering.

Vermindering van het suppletiewaterverbruik kan voor een deel worden voorkomen door de bypasses in de condenspotten te vervangen door een andere methode. Het is niet bekend hoe groot de besparing zal zijn.

Over procesintegratie in de GKM door de vrijkomende energie bij koeling nuttig te gebruiken is te weinig bekend. Isolatie van de GKM is eenvoudig te bewerkstelligen en geeft naast energiebesparing bovendien een prettiger werkklimaat in de GKM-hal in de zomer.

Hergebruik van het koelwater geeft slechts geringe energiebesparing, maar geeft wel een besparing op het leidingwaterverbruik en is bovendien eenvoudig aan te leggen.

Het regelen van de verwarming is een eenvoudige investering die naast een gelijkmatiger klimaat ook energie bespaart. Hoeveel energie er kan worden bespaard is moeilijk te meten, maar aangezien er nu vrijwel niets wordt geregeld aan de verwarming is een besparing van 10% op de verwarmingskosten niet denkbeeldig.

Een regeling voor de verlichting is ook eenvoudig aan te brengen. Vanwege de hoge besparingen is deze binnen een jaar terugverdiend.

Het misbruik van perslucht is niet gekwantificeerd. Hierover zijn geen conclusies te trekken.

7 Materialen

In dit hoofdstuk wordt het energiegebruik behandeld, dat veroorzaakt wordt door het verbruik van moeilijk te bewerken grondstoffen of door de aanmaak van moeilijk te bewerken produkten. Ook wordt de aanwending van hoogwaardige energiedragers voor eenvoudige doelen behandeld.

7.1 Bewerkingscomplexiteit

In de golfkartonindustrie zijn de keuzemogelijkheden tussen de te verbruiken materialen beperkt. De belangrijkste keuzen zijn:

1. Zetmeelsoort (maïs, tarwe, aardappel)
2. Papierkwaliteit voor het onder- en bovendeck (kraftliner, testliner, schrenz)
3. Papierkwaliteit golfbaan (ISC, HSC)
4. Papiergewicht (112-300 gram/m²).
5. Type halffabrikaat (3 mm, 5 mm, 8 mm golfplaten)

De keuze van het soort zetmeel heeft weinig consequenties voor de te gebruiken apparaten en methoden. Van de zetmeel-soorten verlijmen tarwe- en aardappelzetmeel bij een lagere temperatuur dan maïszetmeel.

De lichtere papierkwaliteiten hebben minder energie nodig dan de zwaardere.

5 mm golfkarton heeft per vierkante meter de kleinste hoeveelheid lijm nodig en zou dus ook de kleinste hoeveelheid energie nodig hebben voor het drogen van de lijm. Toch blijkt uit productiegegevens, dat 5 mm golfkarton langzamer droogt dan 3 mm golfkarton en zodoende meer energie gebruikt. Voor 8 mm golfkarton is het meeste energie nodig om te drogen, te vervoeren en te verwerken.

7.1.1 Relevantie van de bewerkingscomplexiteit van de materialen

Ten opzichte van de prijs van de materialen zijn de bewerkingskosten gering (zie paragraaf 3.3). Bij de keuze van de te gebruiken materialen moet dan ook eerst worden gekeken hoe de materiaalkosten kunnen worden beperkt voordat er naar de energiekosten wordt gekeken.

Voor wat betreft het aandeel van de materiaalkeuze in het hoge specifieke energiegebruik kan worden gezegd, dat de produktiesnelheid kan worden verhoogd als wordt overgegaan op lichtere produkttypen. Zolang Van Dam de verkoop niet verder kan uitbreiden lijkt het niet zinvol om tot een produktieversnelling over te gaan. Hiermee wordt slechts de overcapaciteit vergroot, zodat de verlaging van het specifieke energiegebruik gering zal zijn.

7.2 Hoogwaardigheid energiedragers

Bij Van Dam worden op verscheidene plaatsen hoogwaardige energiedragers gebruikt voor laagwaardige doelen.

- Perslucht voor kracht (zie 6.1.9)
- Stoom voor het drogen van golfkarton (zie 6.1.5)
- Stoom voor het opwarmen van lijm (zie 6.1.5 en 6.1.6)
- Warm water en aardgas voor verwarming buitenlucht tot 20°C. (zie 6.1.2)

Kracht kan ook uit elektro-, gas- of benzinemotoren worden gehaald. Soms wordt echter gekozen voor een persluchtmotor omdat deze goedkoper is in aanschaf of onderhoud.

Het drogen van golfkarton kan ook met laagwaardiger energie dan met stoom. Hiervoor is echter een grote en dure droogpartij nodig, welke bovendien moeilijker te regelen is.

Het verwarmen van de lijm met laagwaardige energie kan worden gedaan door het opgewarmde koelwater te gebruiken als water voor de lijm.

Voor het verwarmen van de toestromende buitenlucht kan de energie uit de rookgassen of de afgezogen lucht worden gebruikt.

7.2.1 Relevantie van hoogwaardigheid energiedragers

Bij Van Dam is het verminderen van het gebruik van hoogwaardige energiedragers vooral interessant als in plaats van de hoogwaardige energie, energie uit emissies kan worden gebruikt. Dit is het geval bij het hergebruik van het koelwater en bij het gebruik van de energie uit rookgassen en afgezogen lucht voor de verwarming van de toestromende buitenlucht. Het hergebruik van koelwater is eenvoudig en bespaart bovendien leidingwater. Gebruik van de energie uit rookgassen kan pas worden overwogen als de hoeveelheid afgezogen lucht (zie 6.1.1 en 6.1.3) verminderd is. Anders bestaat de mogelijkheid, dat de investering in proces-integratie niet goed op de behoefte is afgestemd.

8 M_en_se_n

Doordat het energiegebruik vrijwel nergens wordt gemeten en dus ook niet teruggekoppeld is, is het bewustzijn over het energiegebruik bij Van Dam gering. Veel apparaten worden dan ook niet efficiënt gebruikt en het preventieve onderhoud is moeilijk door het ontbreken van storingsvoorspellende grootheden.

8.1 Gebruik van apparaten

Het komt bij Van Dam vaak voor dat apparaten stand-by draaien. Dit komt voor tijdens pauzes of bij het omstellen van de machines. Ook de verlichting staat vaak ongebruikt aan. Om te weten te komen of dit stand-by draaien terecht is kunnen break-even analyses worden uitgevoerd. Apparaten die in aanmerking komen voor de break-even analyse staan in de volgende tabel. Hierin wordt het break-even point bepaald door de te vermijden energiekosten en termijngebonden slijtagekosten per uur als (termijngebonden) besparingen te beschouwen en de schakelingsgebonden slijtagekosten en de arbeidskosten als (schakelingsgebonden) vaste kosten.

Tabel 8.1 Afschakelbare apparaten

	Termijngebonden kosten (f/uur)		Schakelingsgebonden kosten (f/schakeling)		Break-even point (uur/schakeling)
	Energiekosten	Slijtagekosten	Slijtagekosten	Arbeidskosten	
De verlichting	8	2,5	25 ¹	10 ²	± 3
De shredder	6	1	± 1	2,5	± 0,5
De stoomketel	2,5	0	± 50	15	± 26
De verwarmingsketel	2	0	± 50	15	± 32

De uitkomsten in de bovenstaande tabel zijn schattingen en dienen slechts ter illustratie. Om een precieze uitkomst te krijgen zijn betere gegevens nodig. Hiervan zijn de energiekosten het eenvoudigst te verkrijgen. Per apparaat moet worden gemeten hoeveel elektriciteit er wordt verbruikt als het apparaat onbelast is. Voor de arbeidskosten kan een schatting worden gegeven van het aantal minuten, dat de operator kwijt is aan het schakelen en eventueel het wachten, tot het apparaat weer voluit draait. Dit aantal minuten moet worden vermenigvuldigd met de arbeidskosten per minuut van de betreffende operator.

De gegevens over slijtage van het apparaat, volgend uit schakeling of stand-by draaien, zijn bij de leverancier te verkrijgen.

¹ Als er minder vaak wordt geschakeld zijn de schakelkosten veel lager. Indien de TL-verlichting zou zijn voorzien van hoogfrequente voorschakelapparatuur met warme start, zijn de schakelingsgebonden slijtagekosten van de verlichting nihil.

² Automatisering van het schakelen maakt de arbeidskosten nihil.

8.1.1 Relevantie gebruik apparaten

Invoering van Good Housekeeping kan volgens [7] een besparing van 5% geven. Hiervoor is een vergroting van de kennis een vereiste en er moet de motivatie aanwezig zijn om energie te willen besparen. Deze motivatie zal niet hoog zijn als de gebruikte methoden niet energiezuinig zijn.

8.2 Onderhoud

Om de operators een gereedschap te geven waarin wordt aangegeven of het onderhoud voldoende is kan het energiegebruik per tijdseenheid of per geproduceerde eenheid worden bijgehouden.

Apparaten die hiervoor in aanmerking komen zijn:

De GKM (elektriciteitsverbruik per productie-uur en/of m² productie)

De GKM (stoom- en waterverbruik per productie-uur en/of m² productie)

De VWK-machines (elektriciteitsverbruik per productie-uur en/of m² productie)

De stoomketel (gasverbruik per geproduceerde ton stoom)

De verwarmingsketel (gasverbruik per gepompte hoeveelheid heet water per °C temperatuurverhoging)

De ventilatoren (elektriciteitsverbruik per draai-uur)

De compressoren (belaste uren per productie-uur en/of productie)

De waarde van de meting hangt af van de kosten en opbrengsten van de meting.

Als kosten van de meting kunnen de aanschafprijs van de meter en de arbeidsuren van het bijhouden worden beschouwd.

Als opbrengsten kunnen de te voorkomen energiekosten, grondstofkosten en reparatiekosten worden beschouwd. Deze opbrengsten zijn hoger naarmate de te voorkomen kosten moeilijk voorspelbaar zijn.

Een voorbeeld van een eenvoudige meting met grote voorspellende waarde wordt weergegeven in **Bijlage 8**.

8.2.1 Relevantie onderhoud

Het bijhouden van het energiegebruik per apparaat zal in eerste instantie een aantal verspillingen aan het licht brengen. Later kan het bijhouden van het energiegebruik leiden tot meer kwaliteitsbewustzijn bij de operators en zal de energiebesparing slechts een bijrol hebben.

9 Conclusies en aanbevelingen

In dit hoofdstuk zullen enkele conclusies worden getrokken op basis van de terugverdientijd en de hoeveelheid energiebesparing van de voorgestelde energiebesparingsmaatregelen. Verder zullen nog enkele aanbevelingen over registraties en suggesties voor verder onderzoek worden gedaan.

9.1 Conclusies

Aan de hand van metingen, berekeningen en schattingen is aangetoond waar in het productie-systeem van Van Dam de grootste hoeveelheden energie wordt gebruikt. Vergelijking met beschikbare en geschatte normen geeft aan waar en hoeveel energie kan worden bespaard. EBM's brengen naast besparingen ook kosten met zich mee. De verhouding tussen kosten en besparingen komt tot uiting in de terugverdientijd.

In onderstaande tabel worden energiebesparende maatregelen genoemd die bij Van Dam kunnen worden genomen. Deze zijn horizontaal ingedeeld met een afnemend percentage energiebesparing en vertikaal met een toenemende terugverdientijd.

Tabel 9.1 Mogelijke energiebesparende maatregelen bij Van Dam.

	1 (>3%)	2 (<3%, >1%)	3 (<1%)
A (<5 jaar)		Automatiseren verlichting (6.1.8) Automatiseren verwarming (6.1.7) Automatiseren vochtafzuiging (6.1.3) Isolatie GKM (6.1.5)	Onderhoud perslucht-circuit (5.1.6) Aanpassen condensaat-circuit (6.1.4) Hergebruik koelwater (6.1.6)
B (>5 jaar, <10 jaar)	Verplaatsen afvalloods (4.2.2) Transportbanden i.p.v. afzuiging stansafval (6.1.1) Good Housekeeping (H 8)	Hoogfrequente TL-verlichting (5.1.3) Rookgascondensors (6.1.2 en 7.2)	Vervangen kleine CV-ketel (5.1.5)
C (>10 jaar)	Isolatie van de wanden, daken, lichtstraten en ramen (4.2.3)	Verplaatsen TD en ketelhuis (4.2.2)	Aansluiten gebouwen (4.2.2)

De terugverdientijd is bepaald door een schatting te maken van de hoogte van de investering en die te delen door de jaarlijkse besparing. Aangezien een korte terugverdientijd bij Van Dam een hogere prioriteit heeft dan een hoge energiebesparing moeten alleen de EBM's uit de categorieën **A** en **B** worden uitgevoerd. Binnen deze categorieën vallen:

1. Het automatiseren van de verlichting bespaart 50% op de huidige verlichtingskosten. Omdat automatisering frequentere schakelingen met zich meebrengt, is een combinatie met de aanschaf van schakelvriendelijke hoogfrequente voorschakelapparatuur aan te bevelen. Dit geeft dan tezamen een besparing van 75% op de huidige verlichtingskosten (besparing *f* 21.000 per jaar).
2. Het automatiseren van de verwarming moet er voor zorgen, dat er alleen wordt verwarmd als dat nodig is. In de eenvoudigste vorm is dat door mengkleppen en thermostaten voor iedere groep te installeren zodat een besparing van 10% op de verwarmingskosten kan worden bereikt (besparing *f* 20.000 per jaar).

3. Het automatiseren van de vochtafzuiging moet er voor zorgen dat er niet meer lucht in de GKM-hal wordt afgezogen dan noodzakelijk. De noodzakelijke hoeveelheid af te zuigen wordt bovendien verlaagd door de GKM te isoleren. Tezamen geeft dit naast een besparing op het elektriciteitsverbruik vooral een aangenamer werkklimaat, een gelijkmatiger productieproces, een verminderd stoomverbruik en een vermindering van de hoeveelheid op te warmen buitenlucht. Naar schatting kan alleen op de verwarmingskosten al 10% worden bespaard (f 20.000 per jaar).
4. Het afdichten van de lekken in het persluchtcircuit, het verbeteren van de condensaatafvoer in de GKM en het hergebruik van het koelwater voor de aanmaak van lijm zijn eenvoudige aanpassingen die zichzelf snel terugverdienen (gezamenlijke besparing f 15.000 per jaar).
5. Het vervangen van de afzuiging van stansafval voor transportbanden is alleen mogelijk als de afvalloods wordt verplaatst naar de fabriek. De besparing aan elektriciteit is bij volledige vervanging f 80.000 per jaar en bovendien wordt er door de vermindering van de hoeveelheid op te warmen buitenlucht nog f 20.000 per jaar aan verwarming bespaard.
6. Het stimuleren van Good Housekeeping kan naast kwaliteitsverbetering ook een besparing van 5% op het energiegebruik opleveren (besparing f 40.000 per jaar).
7. Het plaatsen van rookgascondensators achter de ketel heeft alleen zin als de laagwaardige energie uit de rookgassen nuttig kan worden aangewend. Bij een verlaging van de temperatuur van de rookgassen tot 30°C kan een besparing van 10% worden verkregen op het aardgasverbruik (f 40.000,- per jaar).
8. Door de kleine CV-ketel bij de kantine/ontwerpafdeling te vervangen voor een nieuwe, kan per jaar f 2800 worden bespaard.

De genoemde jaarlijkse besparingen gelden voor de afzonderlijke investeringen. Bij combinaties van investeringen valt de totale besparing iets lager uit dan som van de besparingen.

Met de investeringen uit categorie A en B kan op de verwarmingskosten bijna 40%, op het stoomverbruik ongeveer 10% en op het elektriciteitsverbruik ongeveer 30% worden bespaard. Het isoleren van de wanden en daken, het verplaatsen van het ketelhuis en de TD, en het afdichten van de nissen tussen de gebouwen (categorie C) moet pas worden uitgevoerd als er moet worden verbouwd binnen het bedrijf.

9.2 Aanbevelingen

Meten is weten. Daarom is registratie belangrijk. Te veel registratie leidt er echter toe, dat de beslissers de gegevens niet goed kunnen analyseren. Daarom moet bij elke registratie de vraag worden gesteld of de gegevens ter zake doen en of de grootheden met elkaar kunnen worden vergeleken.

Registreren energiegebruik

De belangrijkste energiebesparende maatregelen die snel terug te verdienen zijn (Categorie A2 in de conclusies) gaan over het automatiseren van regelingen. Bij deze automatisering is het aan te bevelen om deze uit te breiden met een registratiemogelijkheid. De registratie moet worden bijgehouden van de processen die moeilijk voorspelbaar zijn.

1. Het suppletiewaterverbruik per m² golfkarton is een indicator voor de werking van de stoomketel en het condensaatcircuit.
2. Het aardgasverbruik en het stoomverbruik per m² golfkarton zijn indicatoren voor de energie-overdracht van de GKM.

Afstemmen registratie

Bij Van Dam wordt veel geregistreerd. Het is alleen moeilijk om de gegevens uit deze registraties te vergelijken omdat niet altijd in dezelfde eenheid wordt geregistreerd.

1. Afvalregistratie gebeurt per kg papier of per m² golfkarton. Aangezien het gewicht van het afval gemakkelijker te meten is dan de afmeting verdient een registratie per kg papier de voorkeur. De hoeveelheid produktie moet dan naast de gebruikelijke registratie in vierkante meters ook geregistreerd worden in kilogrammen.
2. Sommige registraties gebeuren per maand en sommige per week. Deze eenheden zijn moeilijk te vergelijken. Er moet naar worden gestreefd zo veel mogelijk te registreren per de produktiecyclus.
3. Het aantal draai-uren van de compressoren en het aardgasverbruik worden dagelijks bijgehouden, maar het registratietijdstip kan per dag verschillen. Alleen als ook het registratietijdstip wordt vermeld, zijn deze gegevens bruikbaar en kunnen ze met een registratieprogramma worden verwerkt.

9.3 Suggesties voor verder onderzoek.

Tijdens het afstudeeronderzoek zijn enkele onderwerpen naar voren gekomen, die slechts zijdelings met het energiegebruik te maken hebben. Zij zijn dan ook niet verder onderzocht. Aangezien zij wel veel andere uitgaven veroorzaken is een verder onderzoek aan te raden.

Het productieproces aan de GKM

De bediening van de GKM gebeurt zonder rekening te houden met alle beïnvloedende factoren. Dit houdt in dat er wordt gestuurd op ervaring en er wordt bijgesteld als blijkt dat het produkt niet aan de vastgestelde kwaliteit voldoet. Het is vaak niet bekend wat de oorzaak is van een verminderde kwaliteit. Voorgaande stagiaires en afstudeerders hebben hier onderzoek naar gedaan, maar hierbij zijn niet alle relevante factoren tegelijkertijd beschouwd. Er zou een onderzoek moeten worden gedaan naar het kromtrekken van het golfkarton rekening houdend met de volgende factoren tegelijkertijd:

- . Papierkwaliteit
- . Golfkartontype
- . Binnentemperatuur
- . Luchtvochtigheid
- . Lijmopbrengst
- . Temperatuur papier voor de Double Facer
- . Vochtigheid papier voor de Double Facer
- . Snelheid van de machine
- . Temperatuur van de droogbaan

Gezien het grote aantal meetgegevens dat hieruit zal volgen is kennis van statistische verwerking noodzakelijk.

Het produkt-assortiment

Gezien de hoeveelheid uitgaven die veroorzaakt worden door het houden van voorraad en het indelen van de golfkartonplaten is het aan te raden om een onderzoek te doen naar het huidige produkt-assortiment. Hierbij moet worden gezocht naar de extra kosten die de keuze voor een extra produkttype met zich meebrengt. Naast het indelingsverlies en de voorraadkosten valt hierbij verder te denken aan het risico van incurantheid en de omstelkosten.

L iteratuurlijst

- [1] Wilken R., Hofer H. en Baumgarten H.L.
Einführung in die Verfahrens- und Maschinentechnik der Wellpappenindustrie, PTS Verlag, München, 1990.
- [2] CBS.
Golfkarton en kartonnage industrie, 1992.
- [3] Broeke, H.J.M. ten & Jansen G.A.
Afstudeeropdracht Warmte/Kracht-koppeling bij Golfcartonfabriek Z. de Zeeuw B.V., HTS Arnhem, 1988.
- [4] Duinkerken N.D.
Condenspotten en condensaatssystemen, Stenfert Kroese Uitgevers, Leiden/Antwerpen, 1992.
- [5] Velde, K. te
Klimaatregelininstallaties, TUE Faculteit Bouwkunde, Vakgroep FAGO, 1993.
- [6] Projectbureau Warmte/Kracht,
Stoomopwekking met gasmotoren, Driebergen, 1992.
- [7] Koning, W. de, en Th. Jacobs
Energierapportage Van Dam Golfkarton, Obragas Helmond, 1994.
- [8] GfE Energy Management
Analyse van de energie-inkoop, Ref. N1190-94, Rotterdam, 1994.
- [9] Perrault, Robert D.
Reduction of Pocket Humidity Can Have Significant Influence on Drying Rates, Pulp & Paper, October 1990 pg 96-97.
- [10] Nowak, Ed
Dewpoint Measurement, Control Vital in Optimizing Dryer Hood Operation, Pulp & Paper, February 1994 pg 87-90.
- [11] Willeboer, Willem
Priorities on Energy Conservation, TUE, 1985.
- [12] Hees, S. van
Cursusboek Het Ketelbedrijf, Coöperatief Adviesbureau vereniging Krachtwerktuigen U.A., 1995.
- [13] Threlkeld, James L.
Thermal environmental engineering (2nd ed.), Prentice-Hall, Inc, Englewood Cliffs, New Jersey, 1970.

- [14] Bij, J.D. van der, L. Monhemius, F.A. Mulder, H.F.J.M. van Tuijl en J.C. Wortmann
Inleiding Kwaliteitsmanagement, Syllabus, TUE Faculteit Bedrijfskunde, 1992.
- [15] Osborne, David J.
Ergonomics at Work (2nd ed.), John Wiley & Sons, Chichester, 1988.

Bijlagen

Bijlage 1 Gebruikte definities en afkortingen

Definities:

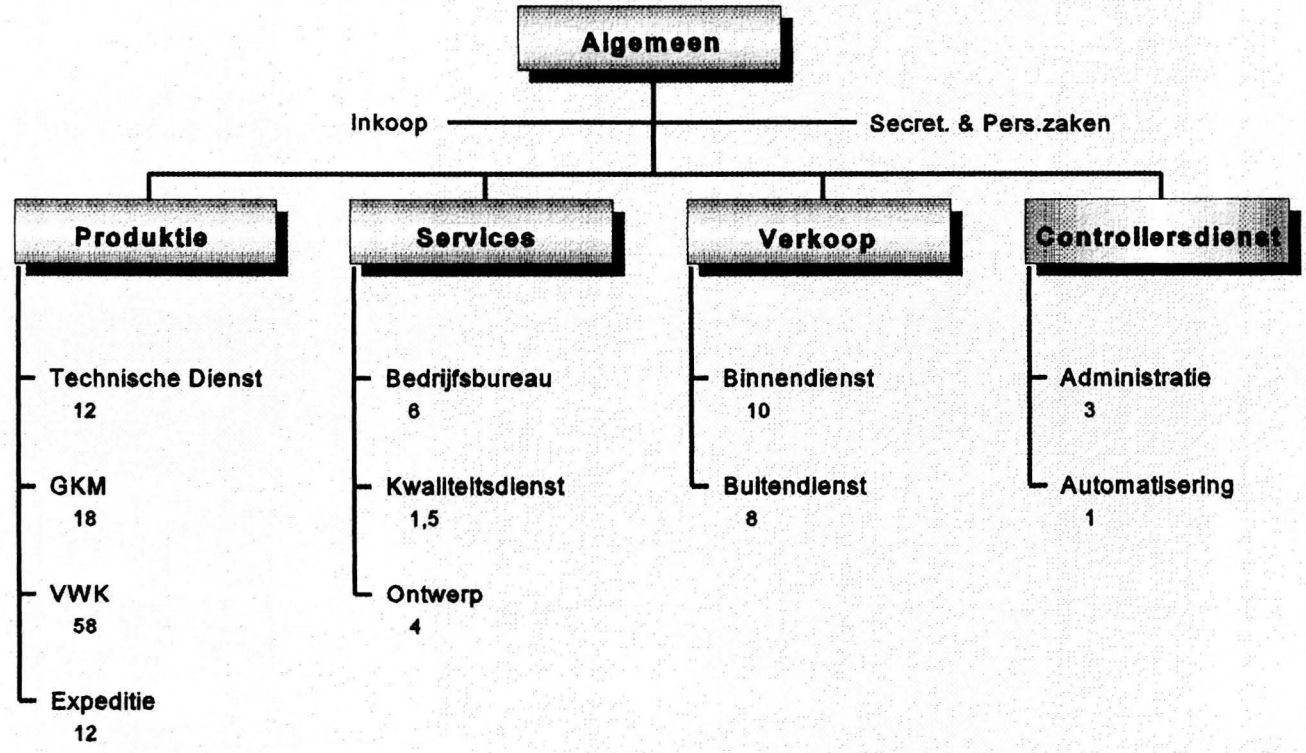
Bezettingsgraad	Het aantal productie-uren per het aantal mogelijke draai-uren.
Draai-uren	De tijd dat een apparaat aan staat.
Kraftliner	Papier gemaakt uit maagdelijke vezel.
Kwaliteit	Produktvariant, bepaald door gewicht en type van het gebruikte papier.
Procesintegratie	Het koppelen van processen waar energie wordt afgestaan aan processen waar energie wordt opgenomen.
Productie-uur	De tijd dat een apparaat produceert.
Schrenz	Grijs papier.
Specifiek Energiegebruik	Energiegebruik per m ² golfkarton.
Testliner	Papier gemaakt uit gebruikt papier.

Afkortingen:

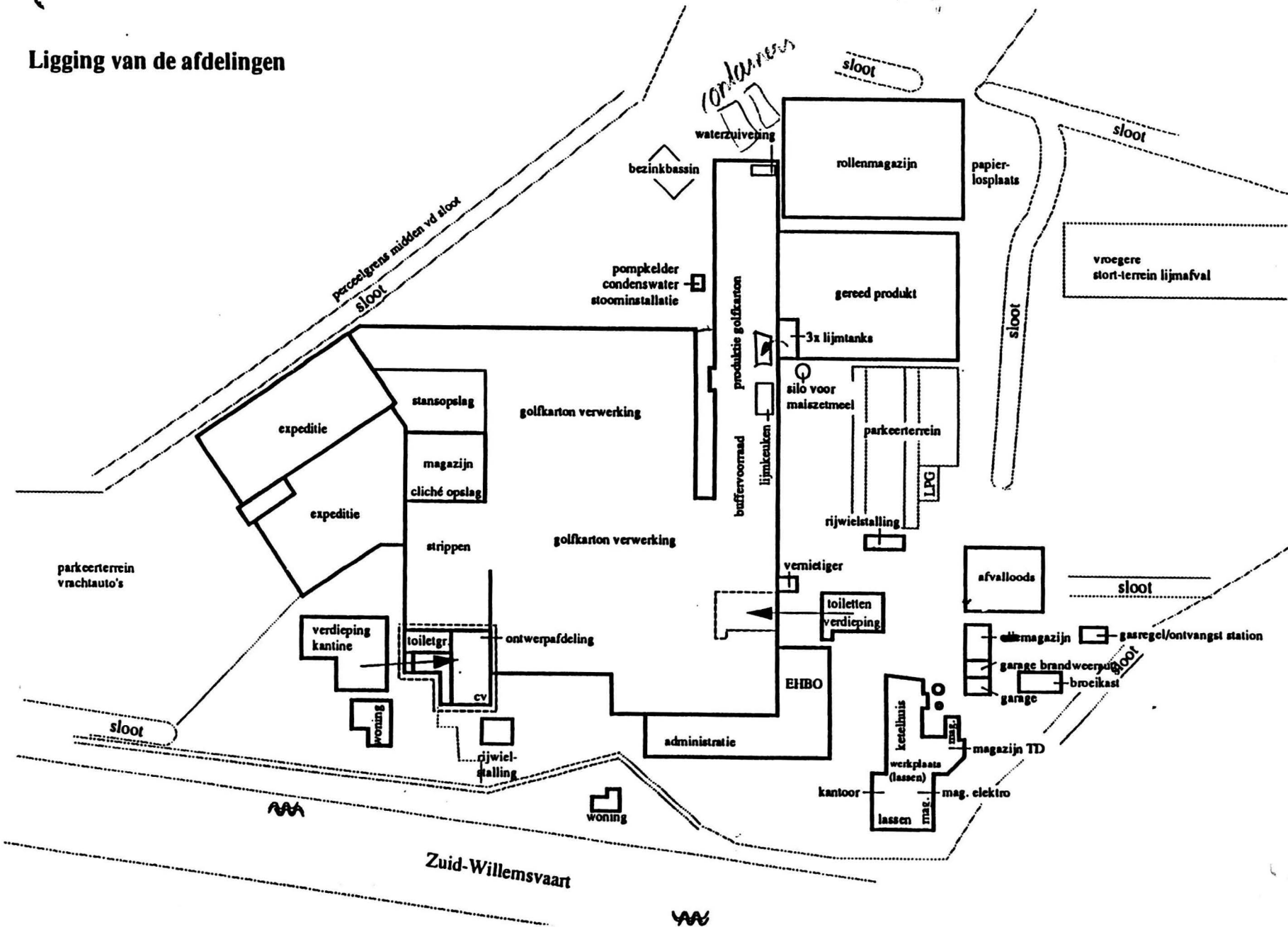
BEP	Break-Even point.
CBD	Corrugated Board Division.
DF	Double Facer. Daar waar van enkelzijdig golfkarton dubbelzijdig of dubbel-dubbel golfkarton wordt gemaakt.
EBM	Energiebesparende maatregel.
EGO	Energiegebruiksoorzaken.
GKM	Golfkartonmachine.
HSC	Holland Semi Chemical, type papier voor golfbaan.
ISC	International Semi Chemical, type papier voor golfbaan.
KNP BT	Koninklijke Nederlandse Papierfabrieken en Bührmann Tetterode.
NCW	Netto Contante Waarde.
RNG	Researchvereniging van de Nederlandse Golfkartonindustrie.
SF	Single Facer. Daar waar enkelzijdig golfkarton wordt gemaakt. Ook wel golfmachine, garant of vacurant genoemd.
SF-liner	Enkelzijdig golfkarton.
TD	Technische dienst.
VWK	Verwerking.

Definities en afkortingen energie:

Bovenwaarde	Verbrandingswaarde (inclusief condensatie-energie) $35,2 \cdot 10^6$ J/m ³ ₀ voor aardgas.
GJ	GigaJoule = 10^9 J.
Graaddag	Eenheid van de cumulatieve absolute waarde van $(15^\circ\text{C} - T_u)$ per dag.
hPa	Hectopascal = millibar.
kW _e	Elektrisch vermogen in kJ/s.
kW _{th}	Thermisch vermogen in kJ/s.
kWh	Kilowattuur = $3,6 \cdot 10^6$ J.
m ³ Ae	Kubieke meter aardgasequivalent.
m ³ ₀	Kubieke meter aardgas bij 0°C en 1013 hPa.
Onderwaarde	Stookwaarde (exclusief condensatie-energie) $31,6 \cdot 10^6$ J/m ³ ₀ voor aardgas.
T _u	Buitentemperatuur.
WKK	Warmte/Kracht-koppeling.



Ligging van de afdelingen

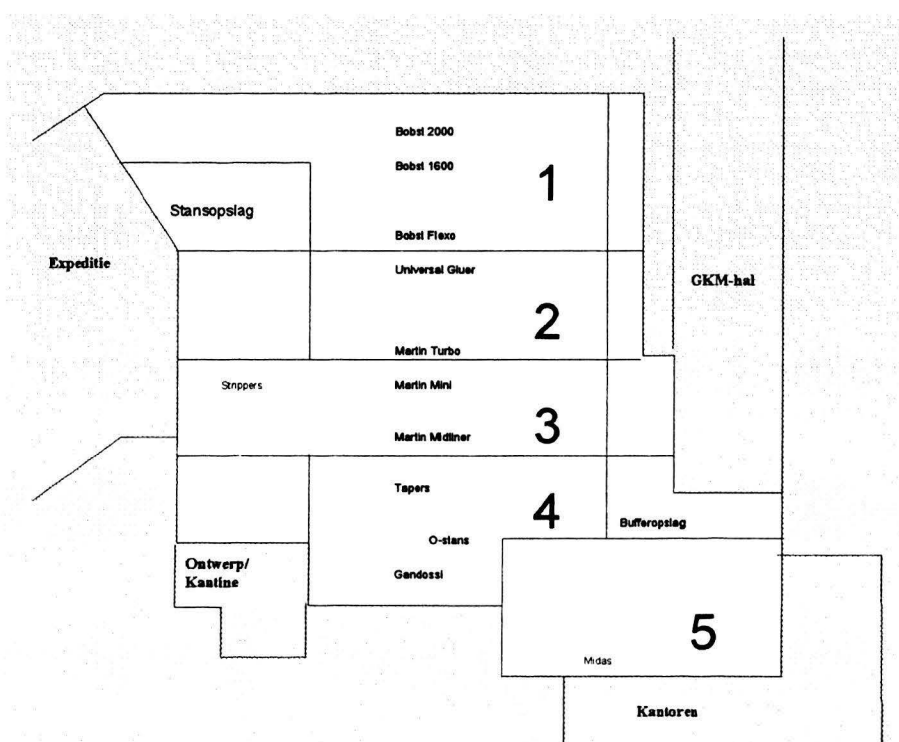


Bijlage 3 Plattegrond Van Dam Golfkarton B.V.

Bijlage 4 De Verwerkingshal

Tabel De machines in de Verwerkingshal met functies en bezettingsgraad

Nr.	Machine	Drukkleuren	Stans	Lijmen/Vouwen	Tapen	Bundelen	Bezettingsgraad
21	Midas	2	Roterend				53%
19	O-stans	2	Roterend				41%
51	Gandossi			x		Handm.	47%
53	Hotmelttaper				x		?
52	Watertaper				x		63%
31	Martin Midliner	3	Roterend	x		Autom.	63%
33	Martin Miniliner	2	Roterend	x		Autom.	3%
32	Martin Transliner	2	Roterend	x		Autom.	42%
34	Universal Gluer	3	Roterend	x	x	Autom.	28%
73	Bobst Flexo	3					41%
76	Bobst 1600		Vlak			Handm.	56%
78	Bobst 2000		Vlak			Handm.	56%



Afbeelding II De verwerkingshal bestaande uit vijf verschillende bouwstijlen

Invoer	Januari				Augustus				Uitvoer	Januari				Augustus			
	Massa (ton/mnd)	T (°C)	toV 4°C Enthalpie (kJ/kg)	Energie (GJ/mnd)	Massa (ton/mnd)	T (°C)	toV 18°C Enthalpie (kJ/kg)	Energie (GJ/mnd)		Massa (ton/mnd)	T (°C)	toV 4°C Enthalpie (kJ/kg)	Energie (GJ/mnd)	Massa (ton/mnd)	T (°C)	toV 18°C Enthalpie (kJ/kg)	Energie (GJ/mnd)

Massa- en Energiebalans Stoomketel																			
1	Suppletiewater	417	4			417	18			2	Regeneratiewater	17	18	50	1	17	18		
1	Lucht	735	4			930	18			2	Spuwater	50	100	392	20	50	100	342	17
1	Aardgas	49	4			62	18			2	Rookgassen lucht	701	150	146	102	887	150	132	117
1	Verbr. Aardgas			42137	2065			42137	2612	2	Rookgassen damp	83	150	2720	227	105	150	2670	281
4	Condensaat	254	140	570	145	481	140	520	250	3	Stoom	604	200	2785	1670	831	200	2715	2257
	Elektriciteit			10				10		Qv				200					200
	Totaal	1455			2220	1890			2873	Totaal	1455			2220	1890				2873

Massa- en Energiebalans GKM																			
3	Stoom	604	200	2765	1670	831	200	2715	2257	4	Condensaat	254	140	570	145	481	140	520	250
5	Papier	2296	4			2517	18			6	Lekkage	330	140	1500	495	330	140	1450	478
5	Zetmeel	46	4			50	18			6	Afval/Uitval	234	25	29	7	257	30	17	4
5	Additieven	5	4			5	18			6	Koelwater	500	19	60	30	500	25	28	14
5	Water	138	4			151	18			6	Afvalwater	120	30	100	12	120	35	68	8
5	Koelwater	500	4			500	18			6	Lucht hal	24000	22	18	432	48000	30	12	576
5	Spoelwater	120	4			120	18			6	Lucht SF	8500	30	26	221	8500	35	17	145
5	Buitenlucht	19500	4			53500	18			6	Lucht VZ	7000	70	66	462	7000	75	57	399
8	Lucht VVK	20000	18	14	280	10000	22	4	40	6	Damp	112	30	2530	283	121	35	2490	300
10	CV-water	8000	83	319	2552					7	Golfkartonplaten	2158	25	29	63	2366	30	17	40
	Zonlicht				8				55	9	CV-retour	8000	72	275	2204				
	Elektriciteit				420				440	Qv				577					577
	Totaal	51208			4930	67675			2792	Totaal	51208			4930	67675				2792

Massa- en Energiebalans VVK (& Expeditie)																			
7	Golfkartonplaten	2158	25	29	63	2366	30	17	40	8	Lucht GKM	20000	18	14	280	10000	22	4	40
11	Buitenlucht	50000	4			40000	18			12	Golfkarton	1996	18	30	60	2204	25	20	44
11	Inkt	3	4			3	18			13	Uitval/Stansafval	165	18	30	5	165	25	20	3
11	Spoelwater	383	4			383	18			13	Afgezogen lucht	30000	18	14	420	30000	22	4	120
15	CV-water	55000	83	319	17545					13	Afvalwater	383	30	105	40	383	35	68	26
	Zonlicht				86				614	14	CV-retour	55000	72	275	15151				
	Elektr. Afzulling				300				300										
	Elektr. Overig				350				320	Qv				2387					1041
	Totaal	107544			18344	42752			1274	Totaal	107544			18344	42752				1274

Massa- en Energiebalans CV-ketels																			
9	Retourwater GKM	8000	72	275	2204					10	Uitgaand GKM	8000	83	319	2552				
14	Retourwater VVK	55000	72	275	15151					15	Uitgaand VVK	55000	83	319	17545				
17	Retourwater kant.	16000	72	275	4408	1900	56	170	323	18	Uitgaand kantoor	16000	83	319	5104	1900	70	220	418
16	Aardgas	99	4			4	18			19	Rookgassen lucht	1417	120	116	164	57	130	112	6
16	Lucht	1485	4			60	18			19	Rookgassen damp	167	120	2675	447	7	130	2650	18
16	Verbr. Aardgas			42137	4172			42137	169										
	Elektriciteit				19					Qv				142					49
	Totaal	80584			25954	1964			492	Totaal	80584			25954	1964				492

Massa- en Energiebalans kantoren																			
18	CV-water	16000	83	319	5104	1900	70	220	418	17	CV-retour	16000	72	275	4408	1900	56	170	323
	Zonlicht				4				28										
	Elektriciteit				53				82	Qv				753					205
	Totaal	16000			5161	1900			528	Totaal	16000			5161	1900				528

Energiebalans Van Dam Totaal			
Verbranding Aardgas	2781	6236	1983
Zonlicht	98	897	2072
Elektriciteit	1152	1152	596
Totaal Van Dam	4630	7486	4630

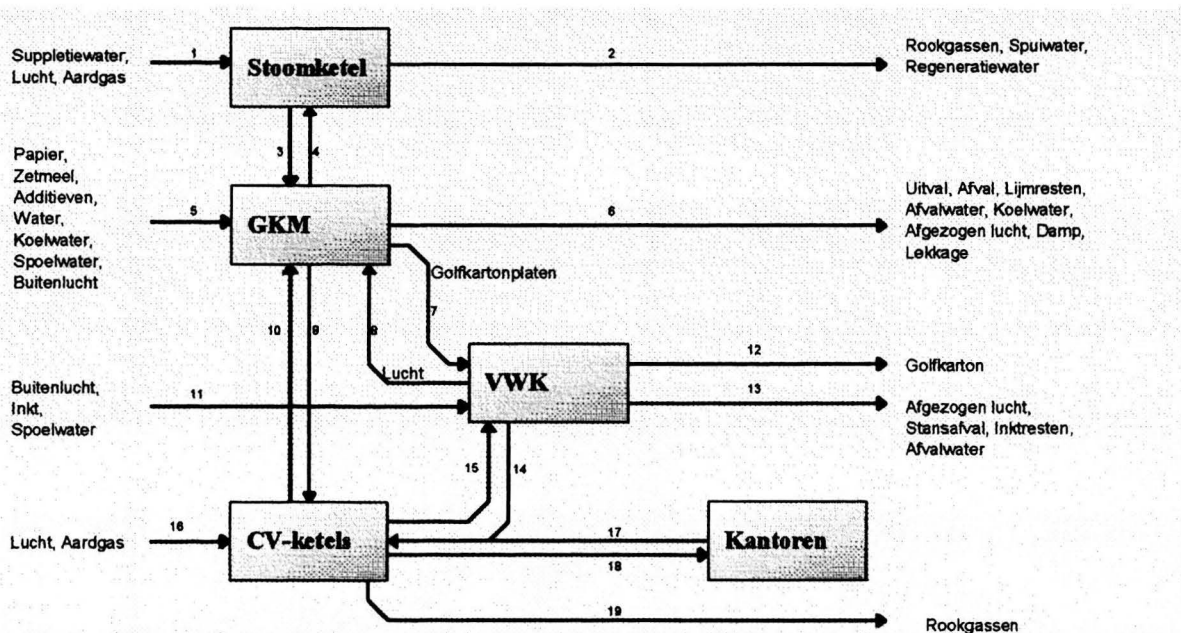
Verantwoording Massa- en Energiebalansen.

Van de vijf subsystemen uit **Afbeelding III** zijn massa- en energiebalansen opgesteld van de maanden januari en augustus. Hierin worden de relevante massastromen en de daarbij horende energiestromen gekwantificeerd. Enkele massastromen worden buiten beschouwing gelaten, omdat zij van geringe omvang zijn en een verwaarloosbare invloed hebben op de energiebalans. Het gaat hier om de volgende materialen:

1. Huishoudelijk (afval)water
2. Schoonmaakmiddelen
3. Verpakkingsmaterialen en tape.
4. Bedrijfsafval
5. Suppletiewater-onthardingsstoffen (Broxozout).

Verder wordt het aandeel van de binnen het systeem werkende mensen op de massa- energiebalans verwaarloosd. Regenwater wordt beschouwd buiten het systeem om te gaan.

Gekozen is voor de maanden januari en augustus om de massa- en energiestromen te vergelijken bij een gelijkwaardig produktieniveau en verschillende buitentemperaturen. Januari is een koude maand en augustus is een warme maand. In beide maanden wordt op alle werkdagen geproduceerd.



Afbeelding III Flowdiagram Van Dam

De temperatuur van de meeste ingaande stoffen wordt gesteld op 4°C in januari en op 18°C in augustus. Deze temperaturen zijn bepaald, aan de hand van de gemiddelde temperaturen van het aardgas in deze maanden, volgens de gasrekeningen van die maanden.

De hoeveelheid energie, die een bepaalde stof draagt, wordt berekend door de massastroom met het enthalpieverschil te vermenigvuldigen. De enthalpieverschillen in de balans van januari zijn berekend door de temperatuur van de stoffen te vergelijken met 4°C . In augustus zijn de temperaturen van de stoffen vergeleken met 18°C . Bijvoorbeeld 10 ton stoom van 200°C heeft een enthalpie van 2790 kJ/kg, terwijl water van 18°C (augustus) een enthalpie heeft van 75 kJ/kg en water van 4°C (januari) een enthalpie van 25 kJ/kg. Het enthalpieverschil is in augustus 2715 kJ/kg en in januari 2765 kJ/kg. De meeste ingaande stoffen hebben een enthalpieverschil van 0 kJ/kg.

Aan elk subsysteem wordt elektrische energie toegevoerd en worden energieverliezen (Q_v) afgevoerd.

Zonlicht:

Bij de subsystemen GKM-hal, VWK-hal en kantoren is de hoeveelheid binnenkomend zonlicht relatief groot genoeg om genoemd te worden. Gesteld is dat de hoeveelheid zonnestraling op een horizontaal vlak in augustus $0,5 \text{ GJ/m}^2$ is en in januari $0,07 \text{ GJ/m}^2$ en dat de straling alleen via transparante wanden (ramen, lichtkoepels) naar binnen komt. Op een noordgevel straalt gemiddeld 25% en op een oostgevel 70% ten opzichte van een horizontaal vlak.

Balans Stoomketel:

Invoer Stoomketel:

Suppletiewater:

De hoeveelheid onthard leidingwater wordt gemeten en is gedurende enkele weken geregistreerd. Hierbij wordt de in het milieurapport geschatte hoeveelheid regeneratiewater (17 ton) opgeteld. De hoeveelheid suppletiewater schommelt tussen de 300 en de 600 ton per maand.

Lucht:

De aanbevolen volumeverhouding Aardgas:Lucht = 1:11

Lucht heeft bij 0°C en 1013 hPa een soortelijk gewicht van 1,29 kg/m³ en aardgas 0,833 kg/m³.

Dus de massaverhouding Aardgas:Lucht = 1:15

Aardgas:

Het aardgasverbruik voor de stoomketel wordt niet apart gemeten. Om een schatting te krijgen hoe de verhouding ligt tussen het verbruik van aardgas tbv stoom en tbv verwarming is het stoomverbruik evenredig gesteld met de produktie en het verwarmingsverbruik met het aantal graaddagen in een maand. Als de evenredigheidsfactoren voor stoom- en verwarmingsverbruik gesteld worden op respectievelijk 0,015 m³/m² en 260 m³/graaddag, wordt het werkelijke totale gasverbruik per maand het beste benaderd. Voor de maanden januari en augustus 1994 zijn de produktie en de graaddagen vermenigvuldigd met de bovengenoemde evenredigheidsfactoren en aangepast aan het werkelijke totale gasverbruik in die maanden.

1 m³ aardgas heeft een massa van 0,833 kg.

Verbrandingswaarde aardgas:

1 m³ aardgas heeft een verbrandingswaarde van 35,1*10⁶ J/m³. Dit is inclusief de condensatie-energie van de rookgassen. De verbrandingsenthalpie is dus 35.100/0,833 = 42.137 kJ/kg

Condensaat:

De hoeveelheid condensaat kan op twee manieren worden geschat:

1. De som van hoeveelheden stoom, regeneratiewater en spuiwater moet in evenwicht zijn met de hoeveelheid suppletiewater en condensaat. Hiermee wordt de hoeveelheid geschat op gemiddeld 375 ton per maand.
2. Volgens de ketelkeuringen bestaat tijdens bedrijf het ketelwater voor 30% uit voedingswater en dus voor 70% uit condensaat. Dus de hoeveelheid geproduceerde stoom is voor 70% afkomstig uit condensaat. 70% * 750 ton is 525 ton per maand.

Tijdens bedrijf is de temperatuur van het condensaat 140°C. Bij het opstarten is deze temperatuur lager.

Elektriciteit:

Elektriciteit is nodig voor de ventilator van de brander (7,5 kW * 320*3600 sec=8 GJ) en voor de ketelvoedingspomp (± 2 GJ). De condensaatpompen worden verrekend met de GKM-hal, aangezien de lekkage van de condensaatleiding ook aan de GKM-hal wordt toegeschreven.

Uitvoer Stoomketel:

Regeneratiewater:

Volgens milieurapport 17 ton/mnd.

Spuiwater:

Spuiwater hoort 5-25% van het suppletiewater te zijn. Het spuipercentage wordt door Lubron geschat op 10-15% van de hoeveelheid gebruikte stoom, maar dit moet berusten op een misvatting. De werkelijke hoeveelheid wordt geschat op 12%.

De warmte-capaciteit van water is 4,2 MJ/ton.K. De temperatuur van het spuiwater is 200°C, maar aangezien de ontspanningsdamp weer wordt teruggeleid naar de ontgasser stel ik de temperatuur van het geloosde ontspannen spuiwater op 100°C.

Rookgassen damp:

1 m³ aardgas geeft 1,4 kg damp. 1 ton aardgas geeft 1,7 ton damp.

Rookgassen lucht:

De hoeveelheid overige rookgassen wordt afgeleid als sluitpost in de massabalans. De warmtecapaciteit van lucht is 1 MJ/ton.K.

Stoom:

De hoeveelheid stoom wordt niet gemeten en volgt daarom slechts als sluitpost op de energiebalans. De enthalpie van stoom van 200°C is 2790 kJ.

Qv:

De stralingsverliezen kunnen worden gesteld op 1% van de maximale capaciteit (= 7700 kW).
 $77 \text{ kW} * 30 * 24 * 3600 \text{ sec} = 200 \text{ GJ}$.

Balans GKM:

Invoer GKM:

Stoom:

Volgt uit energiebalans stoomketel

Papier:

Het gemiddelde gramsgewicht per m² golfkarton is 540 gram. Per netto verkoopbare m² golfkarton (inclusief stansafval) is bovendien ongeveer 54 gram (10%) nodig om het af- en uitval te compenseren. De hoeveelheid benodigd papier is dus bijna 600 gram per netto verkoopbare m² golfkarton. Papier bevat gemiddeld 7% vocht. De warmtecapaciteit van de papiervezels is ongeveer 1,4 kJ/kg.K en van het vocht 4,2 kJ/kg.K.

Zetmeel:

Het zetmeelverbruik (inclusief schoonspoelen) is gemiddeld 11 gram per m² productie. Dit betekent een zetmeelverbruik van 12 gram per m² netto verkoopbaar golfkarton.

Additieven:

De additieven zijn Natronloog (8% van het zetmeelverbruik), Borax (1,4% van het zetmeelverbruik) en Cerestar Watervast (1% van het zetmeelverbruik). Het gewicht van de soms gebruikte conserveringsmiddelen is te verwaarlozen.

Water:

De hoeveelheid water voor de aanmaak van lijm is drie maal zo groot als de hoeveelheid verbruikt zetmeel.

Koelwater:

De hoeveelheid koelwater is gemeten met een emmer en een stopwatch bij de single facers.

Spoelwater lijmleidingen en -bakken:

De hoeveelheid benodigd spoelwater is volgens het milieuraapport (1500 ton per jaar).

Buitenlucht/ Lucht VWK:

Ter compensatie van de hoeveelheid afgezogen lucht moet er weer lucht worden aangevoerd in de GKM-hal. Een deel zal direct van buiten komen en een deel via de VWK-hal. Metingen gaven een luchtsnelheid tussen de VWK-hal en de GKM-hal weer van bijna 1 m/s. Het deur\sluis-oppervlak tussen de VWK-hal en de GKM-hal is 20 m². Dit betekent, dat de hoeveelheid aangevoerde lucht vanuit de VWK-hal bijna 30.000 ton/maand is. Dit zou in januari veel meer zijn dan de hoeveelheid die direct van buiten wordt aangevoerd. Aangezien dit niet waarschijnlijk is beschouw ik de meetwaarde van 1 m/s als niet representatief voor het gehele oppervlak van 20 m² en stel de hoeveelheid luchtaanvoer vanuit de VWK-hal in januari op 20.000 ton en in augustus, als de luchtramen in de GKM-hal doorgaans openstaan op slechts 10.000 ton.

CV-water:

De hoeveelheid CV-water wordt geschat aan de hand van het geïnstalleerde vermogen ten opzichte van het totale geïnstalleerde vermogen. In de GKM-hal staat ongeveer 10% van het totale geïnstalleerde vermogen opgesteld en zal in januari 10% van de uitgaande hoeveelheid CV-water opnemen (zie energiebalans CV-ketels).

Zonlicht:

Het dak van de GKM-hal heeft 120 m² lichtkanalen en de noordgevel heeft 150 m² glas. Het glas in de zuidgevel is geveerd en laat zodoende nauwelijks zonlicht door. Omgerekend naar horizontale lichtinval wordt het lichtdoorlatend oppervlak gesteld op $0,7 \cdot (120 + 25\% \cdot 150) = 110 \text{ m}^2$.

Elektriciteit:

Het geïnstalleerde elektrische vermogen in de GKM-hal (inclusief verlichting, afzuiging en condensaatpompen) is 1100 kW.

Uitvoer GKM:

Condensaat:

Volgens Energiebalans Stoomketel.

Lekkage:

Lekkage = Leidingwater - Regeneratiewater - Spuiwater - Bevochtigingsdamp.

Bevochtigingsdamp = Damp voor verwarming lijm + Damp voor bevochtiging golfbaan.

Damp voor verwarming lijm is volgens registratie gemiddeld 4 ton stoom per maand

Damp voor bevochtiging golfbaan moet het vochtgehalte van de golfbaan met 2% verhogen tot 7%.

Dit is niet nodig voor alle papersoorten. Bovendien kan de ene operator met minder bevochtiging toe dan de andere. Per maand zal de hoeveelheid stoom benodigd voor bevochtiging liggen tussen de 4 en de 20 ton.

De enthalpie van de lekkage is afhankelijk van de vorm welke de lekkage heeft bij het verlaten van het systeem. Lekkage van puur condensaat van 140°C heeft een enthalpie van 600 kJ/kg, terwijl damp van deze temperatuur een enthalpie heeft van 2735 kJ/kg. Aangezien beide vormen voorkomen is gekozen voor een enthalpie die hier tussen ligt (1550 kJ/kg).

Afval/Uitval:

Afgezien van het stansafval is het af- en uitval 10% van het papierverbruik. Hiervan ontstaat het grootste gedeelte in de GKM-hal. Het uitval, dat in de VWK-hal ontstaat gaat direct terug naar de shredder in de GKM-hal en wordt daar afgevoerd naar de afvalloods. In de massabalans is de routing van dit afval via de VWK-hal niet opgenomen, maar is gesteld dat al het afval direct vanuit de GKM-hal naar de afvalloods gaat.

Koelwater:

De temperatuur van het uitgaande koelwater hoort een temperatuur te hebben van ten hoogste 19°C om te mogen worden geloosd. Op warme dagen wordt deze temperatuur overschreden.

Afvalwater:

Het spoelwater van de lijmbakken neemt lijmresten mee en wordt opgewarmd in de single facers. Het is niet bekend hoeveel lijm er met het spoelwater meegaat. Aangezien het slechts om een klein percentage gaat wordt deze hoeveelheid niet in de balansen meegenomen.

Lucht Hal:

In het dak van de GKM-hal zijn 6 ventilatoren aangebracht met elk een capaciteit van 20.000 m³ (= 26 ton) per uur. Deze ventilatoren staan alleen aan tijdens de produktie-uren (320 uur/mnd). In de zomer staan ze continu aan en in de winter op halve kracht. 1 ventilator is defect.

Verder wordt er in de GKM-hal nog lucht afgezogen via de afzuiging van de zijstroken van de golfkartonbaan op de GKM. Ook via de shredder wordt er lucht uit de GKM-hal gezogen.

Lucht Single Facer:

Om te voorkomen, dat het te warm wordt in de hokken van beide Single Facers (de lijm zou te vroeg geleren) wordt de warme lucht uit de Single Facers afgezogen. De capaciteit van elk van deze ventilatoren is 11.000 m³ (14 ton) per uur. De ventilatoren staan tijdens productie vrijwel continu aan.

Lucht Vacuümzuiger:

De Vacuümzuiger zuigt de golfbaan tegen de riffelwals aan. Iedere Single Facer heeft een vacuümzuiger die tijdens productie vrijwel continu aanstaat. De capaciteit van iedere vacuümzuiger is 9.000 m³ (12 ton) per uur. De ventilatoren staan tijdens productie vrijwel continu aan.

Damp:

De hoeveelheid damp, die met de afgezogen lucht wordt meegenomen kan op twee manieren worden bepaald:

1. Als sluitpost in de massabalans. Bekend is de hoeveelheid opgebrachte lijm en de hoeveelheid vocht die in het golfkarton blijft zitten. De rest moet als damp verdwijnen.
2. Door meting. Door vergelijking van de luchtvochtigheid van de inkomende en de uitgaande lucht en die te vergelijken met de hoeveelheid afgezogen lucht.

De enthalpie van damp van 30°C is 2434 kJ/kg.

Golfkartonplaten:

De golfkartonplaten bevatten papier, zetmeel en ± 9% vocht. Het aantal vierkante meters golfkartonplaten wordt het netto verkoopbare oppervlak genoemd.

CV-retour:

Zie CV-water.

Qv:

De sluitpost op de energiebalans.

Balans VWK en expeditie:

Invoer VWK en expeditie:

Golfkartonplaten:

Zie uitvoer energiebalans GKM.

Buitenlucht:

De hoeveelheid aangevoerde buitenlucht is de som van de afgezogen lucht naar de afvalloods en naar de GKM-hal.

Inkt:

De hoeveelheid inkt volgt uit het milieurapport (31 ton per jaar).

Spoelwater inktwalsen en clichés:

De hoeveelheid spoelwater volgt uit het milieurapport (4700 ton per jaar).

CV-water:

De verwerking en de expeditie samen nemen ongeveer 70% van de warmtevraag voor hun rekening. De hoeveelheid CV-water dan ook gesteld op 70% van de totale hoeveelheid CV-water.

Zonlicht:

Het dak van de Verwerkingshal bestaat voor gemiddeld 30% uit lichtkanalen ($\pm 4.000 \text{ m}^2$). Sommige koepels zijn zo donker, dat er nauwelijks licht doorheen komt. In het dak van de expeditie zijn 35 lichtkoepels van 1 m^2 aanwezig. Het lichtdoorlatend oppervlak wordt gesteld op $0,3 \cdot 4.000 + 0,8 \cdot 35 = 1228 \text{ m}^2$.

Elektriciteit:

Het opgesteld vermogen in de VWK-hal en de expeditie, inclusief afzuiging, verlichting en compressoren en luchtverhitters is 1300 kW.

Uitvoer VWK-hal en expeditie:

Lucht GKM:

Zie Invoer Energiebalans GKM.

Golfkarton:

Golfkartonplaten + Inkt - stansafval.

Stansafval:

Het stansafval is gemiddeld 6% van de papierinvoer.

Afgezogen lucht:

De hoeveelheid afgezogen lucht door de stansafval-afzuigers in de VWK-hal is volgens opgaaf van de installateur 80.000 m^3 per uur. Hiervan zijn de exhausters bij de O-stans en de Universal Gluer bijna continu in gebruik en de afzuigers bij de Martins gemiddeld voor 30% in gebruik. Tezamen wordt er gemiddeld per productie-uur (320 uur per maand) 53.000 m^3 lucht afgezogen. Dit is 22.000 ton per maand.

Afvalwater:

Zie Spoelwater. Het spoelwater wordt elektrisch verwarmd tot 70°C om de clichés te spoelen. Ook de drukmachines worden schoongemaakt met verwarmd water. Het afvalwater wordt naar het afvalwater-bassin gepompt en heeft dan een temperatuur die boven de binnentemperatuur ligt.

CV-retour:

Zie CV-water.

Qv:

De sluitpost in de energiebalans.

Energiebalans CV-ketels:

Invoer CV-ketels:

Retourwater GKM, VWK en Kantoren:

Volgens de tekening van de installateur hebben de gezamenlijke circulatiepompen een vermogen van 115 m³ per uur. Aangezien in de winter deze pompen continu draaien wordt er dus 80.000 ton per maand in en uit de CV-ketels gepompt. Omdat de energiebalans kloppend moet zijn, is het verschil tussen de ingaande en de uitgaande enthalpie bekend.

De verbrandingsenergie uit aardgas (plus elektrische energie) moet gelijk zijn aan het energieverlies en de energie in het verwarmde water. Hierbij wordt geen rekening gehouden met de luchtverhitters in de GKM-hal, die ook gas verbruiken, maar de energie niet overdragen aan water. Ter vereenvoudiging wordt verondersteld dat alle energie via water wordt overgedragen.

In augustus is alleen de CV in de kantine/ontwerpafdeling actief, want de grote CV wordt bij een kleine warmtevraag niet aangezet.

Aardgas:

Zie berekening aardgas voor Energiebalans Stoomketel.

Lucht:

Zie berekening lucht voor Energiebalans Stoomketel.

Verbrandingswaarde Aardgas:

Zie berekening verbrandingswaarde aardgas voor Energiebalans Stoomketel.

Elektriciteit:

De ventilator van de CV (7,5 kW) staat in januari continu aan en in augustus helemaal niet.

Analoog aan de stoomketel wordt de elektriciteit tbv de pompen en luchtverhitters niet aan de ketel toegeschreven.

Uitvoer CV-ketels:

Uitgaand water GKM, VWK en kantoor:

Zie retourwater.

Rookgassen damp en lucht:

Zie Rookgassen Energiebalans stoomketel.

Qv:

In januari worden de stralingsverliezen gesteld op 1% van de maximale capaciteit van de ketel (= 5100 kW). $55 * 3600 * 24 * 30 = 142$ GJ/mnd.

In augustus staat de grote CV uit en de kleine CV op de kantine/ontwerpafdeling staat altijd aan en verbruikt, indien er geen warmtevraag is, nog altijd 2 m³ per uur (= 50 GJ/mnd). Dit is een stralingsverlies van 10% van de maximale capaciteit.

Energiebalans kantoren:

Invoer kantoren:

CV-water:

De kantoren (inclusief TD en kantine/ontwerpafdeling) gebruiken in de winter gemiddeld 20% van de verwarming en in de zomer 100%.

Zonlicht:

De gevels van de kantoren zijn vrijwel geheel van glas. De oriëntatie is hoofdzakelijk gericht op het oosten, zodat vooral 's morgens zonnestraling naar binnen komt. Direct zonlicht wordt tegengehouden door lamellen. Hiervoor geldt een zontoetredingsfactor van $\pm 40\%$ van de zonnestraling die op het glas terechtkomt. $0,4 * 200 * 70\% = 56 \text{ m}^2$

Elektriciteit:

De meeste elektriciteit wordt gebruikt voor verlichting, computers en in de kantine voor de kooktoestellen. In de zomer is het elektriciteitsverbruik in de kantoren hoger wegens de Airconditioning.

Uitvoer kantoren:

CV-retour:

Zie CV-water.

Qv:

De sluitpost op de energiebalans.

Bijlage 6 Berekening van interne transportkosten

In deze bijlage worden de transportkosten per meter bepaald van stoom, condensaat, verwarmingswater, stansafval en mensen voor het ketelhuis, de TD en de afvalloods.

Transportkosten stoom per meter

Energieverlies van de stoomleiding tijdens de productie-uren

Diameter stoombuis: 9 cm

Dikte isolatie: 7 cm

Isolatiewaarde: 0,06 W/m.K

Volgens tabel in [4] blz 92:

Diameterfactor f_d : 0,48 m²/m

Energieoverdracht k_e : 0,8 W/m².K

$$(200^{\circ}\text{C}-10^{\circ}\text{C})\cdot 0,8\cdot 0,48= 73 \text{ W/m}$$

De stoomleiding is 4000 uren per jaar in gebruik. De stoomleiding kost per jaar per meter aan transport tijdens de productie-uren:

$$4000 \cdot 3600 \text{ sec} \cdot 73 \text{ W} = 1 \text{ GJ.}$$

Buiten deze productie-uren verliest de stoomleiding ook energie, die bij het opstarten weer moet worden aangevuld.

Opwarmen stoomleiding bij het opstarten

De stoomleiding moet iedere produktiedag 's morgens worden opgewarmd tot 200°C. Duinkerken [4, blz 96] geeft een benadering van de hoeveelheid condensaat dat ontstaat bij het opwarmen van de stoomleiding.

$$1,5 \cdot 11,2 \text{ kg/m} \cdot (200^{\circ}\text{C}-10^{\circ}\text{C}) \cdot 0,5 \text{ kJ/kg.K} / 2000 \text{ kJ/kg} = 0,80 \text{ kg condens/m}$$

Bij het condenseren van 0,8 kg stoom komt 1600 kJ vrij. De stoomleiding wordt 200 keer per jaar opgewarmd. Het opwarmen van de stoomleiding kost dan per meter per jaar:

$$1600 \text{ kJ} \cdot 200 = 0,3 \text{ GJ.}$$

Uitgaande van een ketelrendement van 75% op de verbrandingswaarde van aardgas (35 MJ/m³), kost dit tezamen:

$$(1,0 + 0,3) \cdot 1000 \cdot f \cdot 0,25 / (35 \cdot 0,75) = f \cdot 12,40 \text{ /m.jaar.}$$

Transportkosten condensaat per meter

Energieverlies van de leiding tijdens de productie-uren

De condensaatleiding is koeler dan de stoomleiding en zal daardoor iets minder energie verliezen.

$$(140^{\circ}\text{C}-10^{\circ}\text{C}) \cdot 0,8 \cdot 0,48 = 50 \text{ W/m}$$

De condensaatleiding is 4000 uren per jaar in gebruik. Deze kost aan transport tijdens de productie-uren:

$$4000 \cdot 3600 \text{ s} \cdot 50 \text{ W} = 0,72 \text{ GJ /m.jaar.}$$

Opwarmen condensaatleiding bij het opstarten

Ook de condensaatleiding moet 's ochtends worden opgewarmd. Er van uitgaande dat de condensleiding 's avonds leeg is, zal dit ongeveer 0,2 GJ per jaar kosten.

Uitgaande van een ketelrendement van 75% zijn de transportkosten van het condensaat:

$$(0,72 + 0,2) \cdot 1000 \cdot f \cdot 0,25 / (35 \cdot 0,75) = f \cdot 8,75 \text{ /m.jaar}$$

Elektriciteitskosten voor het verpompen van het condensaat

Aangezien de condensaatpompen een drukverschil van 15 bar moeten overbruggen om het condensaat direct in de ketel te kunnen pompen kan het drukverlies in de 50 meter condensaatleiding worden verwaarloosd.

Transportkosten verwarmingswater per meter

Energieverlies verwarmingswaterleiding tijdens de bedrijfsuren

De verwarmingsleiding (aanvoer en retour) heeft in januari een gemiddelde temperatuur van 80°C.

De leiding heeft een diameter van 20 cm en de dikte van de isolatie is 3 cm:

Isolatie waarde : 0,06 W/m.K

Diameterfactor f_d : 0,7 m²/m

Energieoverdracht k_e : 1,7 W/m².K

$$(80-10) \cdot 0,7 \cdot 1,7 = 83 \text{ W/m}$$

Gezien de schattingen over het gebruik van de centrale verwarming wordt gesteld dat de transportkosten in januari 20% van de jaarlijkse transportkosten zijn.

In januari wordt de verwarming vrijwel continu gebruikt (744 uur). Het aantal bedrijfsuren van de CV-leiding is per jaar is dan $744/20\% = 3720$ uren.

$$3720 \cdot 3600 \text{ s} \cdot 83 \text{ W} \cdot 2 = 2,2 \text{ GJ.}$$

Uitgaande van een verbrandingsrendement van de CV-ketel van 75% en een gasprijs van f 0,25 per m³ is het thermisch energieverlies per meter aan- en afvoerleiding van de verwarming:

$$2,2 \cdot 1000 \cdot f \cdot 0,25 / (35 \cdot 0,75) = f \cdot 21/\text{m.jaar.}$$

Elektriciteitskosten van de hoofdcirculatiepomp.

De hoofdcirculatiepomp van het verwarmingswater heeft een geïnstalleerd vermogen van 15 kW.

Deze pomp is in serie geschakeld met de acht (parallel geschakelde) circulatiepompen van de verwarmingsgroepen. Bij een verplaatsing van het ketelhuis naar de fabriek wordt geschat, dat de pomp 0,1 kW per meter kleiner kan. Het aantal draai-uren van de hoofdcirculatiepomp is ongeveer 5000 en de prijs van een kilowattuur (kWh) is ongeveer f 0,10.

$$0,1 \text{ kW/m} \cdot 5000 \text{ uur} \cdot f \cdot 0,1/\text{kWh} = f \cdot 50/\text{m.jaar.}$$

Transportkosten mensen per meter

Met transportkosten mensen wordt bedoeld de arbeidstijd, die het kost om te lopen van de TD naar de fabriek.

Er werken 12 mensen bij de Technische Dienst in vaste dienst (1700 uur). Ieder uur lopen zij een keer van of naar het TD-gebouw. Zij lopen dan 1,6 meter per seconde. Per jaar wordt er door de TD'ers $1700 \cdot 12 / 1,6$ seconden gelopen per meter afstand tussen de TD en de fabriek.

Dit komt neer op 3,5 uur per meter per jaar. De arbeidskosten zijn f 50 per uur. De transportkosten van mensen tussen de TD en de fabriek zijn dus:

$$3,5 \cdot 50 = f \cdot 175 / \text{m.jaar.}$$

Transportkosten stansafval (door afzuiging) per meter

Er zijn zeven ventilatoren die het stansafval direct naar de afvalloods blazen. Dit blijkt uit de opstelling van de ventilatoren in tekening L.924.0.B van machinefabriek BOA uit Enschede. Uit deze tekening is het geïnstalleerde vermogen en de te overbruggen afstand naar de afvalloods afgelezen. Uitgaande van het aantal productie-uren die de bij de ventilator behorende machines hebben gemaakt in 1994, is de bedrijfstijd per ventilator opgesteld en het aantal kWh aan elektriciteit per meter persleiding berekend. Het overzicht hiervan staat in de volgende tabel:

Tabel Ventilatoren naar de afvalloods

Afkomst	Vermogen	Afstand	Bedrijfsuren/jr	kWh/m/jr
Roterende afscheider	45 kW	100 m	3600	1620
Martin Turbo	30 kW	130 m	1800	415
Martin Miniliner	30 kW	140 m	120	26
Martin Midliner	37 kW	140 m	2600	687
Transportband O-stans	45 kW	120 m	3200	1200
GKM	22 kW	120 m	3600	660
Shredder	45 kW	60 m	3600	2700
Totaal				7308

Het elektriciteitsverbruik van een ventilator is recht evenredig met het te overbruggen drukverschil.

Het drukverschil is recht evenredig met de lengte van de zuig- en persleiding.

Een kWh elektriciteit kost f 0,10. Hieruit volgt dat iedere meter, dat de afvalloods dichter bij de fabriek komt te staan $0,1 * 7308 \approx f$ 730 aan elektriciteit bespaart.

Bijlage 7 Vermindering van het verwarmd oppervlak

Bij de berekening van de kostenbesparing door vermindering van het verwarmd oppervlak wordt het aantal graaddagen per jaar gesteld op 3000, het rendement van de verwarmingsketel met verdeellicingen op 70% van de verbrandingswaarde van aardgas (35 MJ/m^3) en de prijs van aardgas op $f 0,25$ per m^3 .

Verplaatsen van de afvalloods tegen de fabriek aan

De afvalloods is heeft tijdens de produktie-uren dezelfde temperatuur als de fabriek omdat de loods voortdurend wordt gevuld met lucht uit de fabriek. Het is niet nodig dat de loods wordt verwarmd. Hooguit wordt deze vorstvrij gehouden. De kostenbesparing ligt in het oppervlak van de buitenmuur van de fabriek, dat na verplaatsing van de afvalloods tijdens de produktie-uren geen energie meer verliest.

De wanden van de fabriek hebben naar schatting een transmissiewaarde van $2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Per m^2 verminderd buitenoppervlak van de fabriek is de kostenbesparing per jaar:

$$\frac{1}{2} * 3000 * 24 * 3600 \text{graadseconden} * \frac{f 0,25/\text{m}^3}{70\% * 35 * 10^6 \text{J/m}^3} * 2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} = f 2,64 \quad (13)$$

Verplaatsing ketelhuis en TD

Verplaatsing van het ketelhuis en de Technische Dienst tegen de fabriek aan verkleint het verwarmd oppervlak van zowel de TD als de fabriek. Dit geldt zowel binnen als buiten de produktie-uren. Vermindering van het buitenoppervlak van zowel de fabriek als de TD geeft een kostenbesparing per m^2 per jaar van:

$$3000 * 24 * 3600 \text{graadseconden} * \frac{f 0,25/\text{m}^3}{70\% * 35 * 10^6 \text{J/m}^3} * 2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} = f 5,29 \quad (14)$$

Afdichten van de nis tussen VWK-hal en GKM-hal

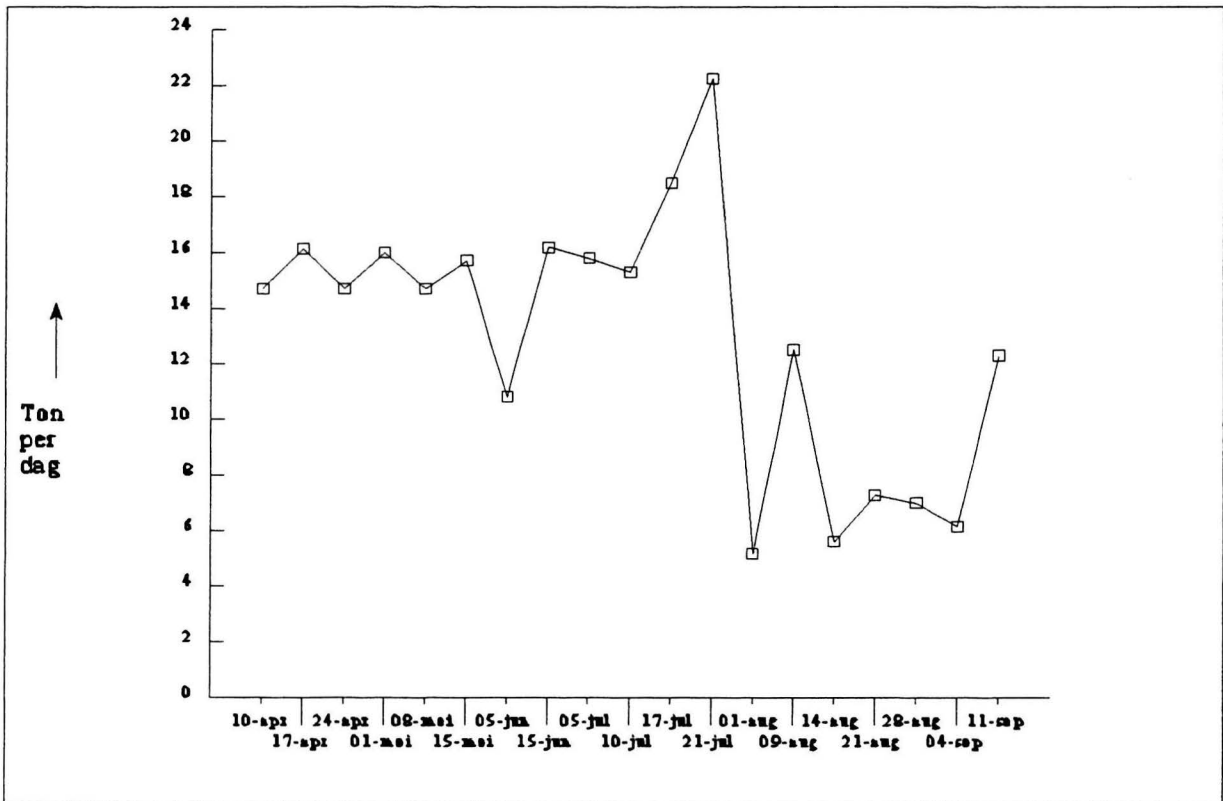
Het afdichten van de nis tussen de GKM-hal en de VWK-hal levert een halvering van de transmissiewaarden van beide wanden. De transmissiewaarde van het achterste gedeelte van de VWK-hal is laag en wordt geschat op $0,8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. De wand van de GKM-hal bestaat voor een de helft uit glas en heeft een gemiddelde transmissiewaarde van 4 W/m^2 . Verkleining van het buitenwandoppervlak van de VWK-hal bespaart $5,29 * 0,4/2,0 = f 1,06$ per m^2 per jaar. Verkleining van het buitenwandoppervlak van de GKM-hal bespaart $5,29 * 2,0/2,0 = f 5,29$ per m^2 per jaar.

Afdichten van de nis tussen GKM-hal en magazijnen

Het afdichten van de nis tussen de GKM-hal en de magazijnen levert een halvering van de transmissiewaarden van de wand van de GKM-hal. Bovendien zullen de magazijnen minder koud zijn in de winter. De transmissiewaarde van de wand van de GKM-hal wordt geschat op $2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Afdichting bespaart dan $\frac{1}{2} * f 5,29 = f 2,64$.

Bijlage 8 Het waterverbruik van de stoomketel

In **Afbeelding IV** wordt aangegeven hoe het verloop van het waterverbruik per periode is geweest in van april tot en met augustus 1995. Hierbij is op een eenvoudige manier de watermeterstand op verschillende tijdstippen opgenomen. Het verschil met de vorige stand is hierbij gedeeld door het aantal dagen, dat in de tussentijd verlopen was. Er was geen registratie-apparatuur aanwezig om het waterverbruik tijdens te productie-uren te meten. Toch kan uit de meetresultaten veel worden afgeleid.



Afbeelding IV: Suppletiewaterverbruik van de stoomketel

Conclusies:

1. Het waterverbruik is veel hoger dan het normverbruik (1 à 2 m³ of ton water per dag).
2. De onderhoudsbeurt tijdens de zomerstop deed het waterverbruik halveren.
3. Het waterverbruik is redelijk constant, maar kan plotselinge afwijkingen hebben.

Er van uit gaande, dat het energieverlies dat door het lekkende water en waterdamp ontstaat 1500 kJ/kg is geeft de halvering van het waterverbruik een dagelijkse besparing van:

- 8 ton water
- 8 ton * 1500 MJ/ton = 12 GJ energie (± 450 m³ aardgas)
- Broxozout voor de ontharding van het suppletiewater.

Bijlage 9 Het gasverbruik

Bij Van Dam wordt alleen het totale gasverbruik gemeten. Om een indruk te krijgen van de verhouding in het gasverbruik voor stoom en voor verwarming is in 1993 en 1994 het gasverbruik vergeleken met het aantal graaddagen per maand en het netto aantal geproduceerde vierkante meters golfkarton.

Gasverbruik ten opzichte van het aantal graaddagen en de produktie.

	Gasverbruik (*1000 m ³)		Graaddagen		Netto Produktie (*1000 m ²)	
	1993	1994	1993	1994	1993	1994
Jan	193	178	438	444	3590	3826
Feb	179	175	498	501	2982	3012
Maart	158	154	377	323	3839	4510
April	115	125	161	225	2433	3674
Mei	64	82	82	130	3366	3965
Juni	83	99	53	66	4564	5080
Juli	53	59	47	5	3178	2657
Aug	51	84	70	29	2855	4195
Sept	81	91	118	107	3812	4014
Okt	118	125	277	265	3369	4375
Nov	193	132	516	264	3781	4648
Dec	164	133	436	433	3041	2836
Totaal	1452	1437	3073	2792	40810	46792

Als er van wordt uitgegaan dat het gasverbruik voor verwarming recht evenredig is met het aantal graaddagen en het gasverbruik voor stoom recht evenredig met het aantal geproduceerde vierkante meters golfkarton, dan is het verwachte gasverbruik te schatten met de formules:

$$Q_b = 260 * GD + 15 * P$$

$$Q_{st} = (15 * P) * Q_w / Q_b$$

$$Q_{vw} = (260 * GD) * Q_w / Q_b$$

- Q_w : Werkelijk gasverbruik.
 Q_b : Berekend totaal gasverbruik.
 Q_{st} : Geschat gasverbruik voor stoom.
 Q_{vw} : Geschat gasverbruik voor verwarming.
 GD: Aantal graaddagen.
 260 * GD: Berekend gasverbruik voor verwarming.
 P: Geproduceerd aantal m² golfkarton.
 15 * P: Berekend gasverbruik voor stoom.

Bij de gebruikte factoren per graaddag (260 m³) en per m² golfkarton (15 m³) is het gemiddelde verschil tussen Q_w en Q_b minimaal. Bij de bovenstaande formule wordt verwaarloosd hoezeer het stoomverbruik afhangt van het aantal graaddagen.

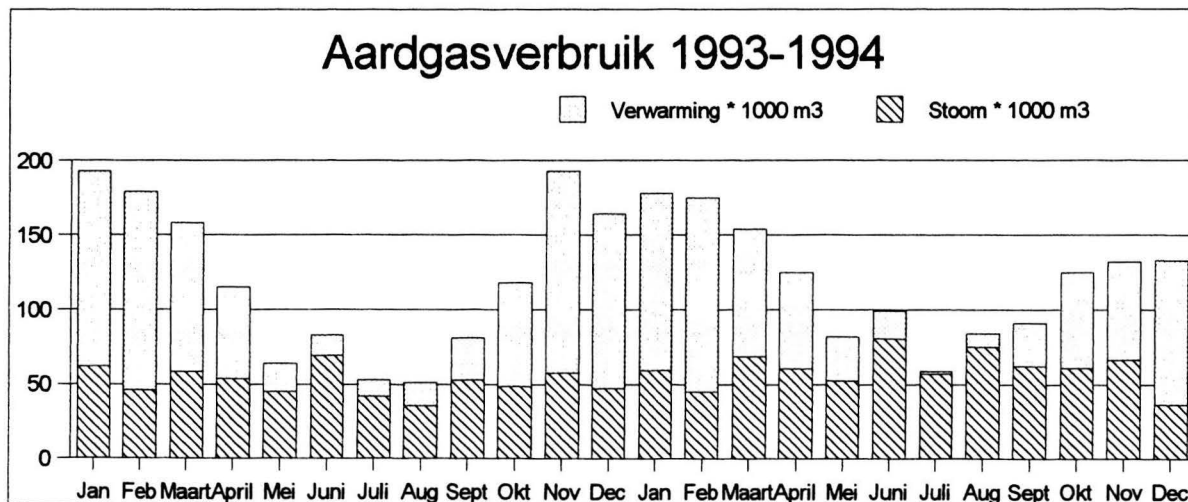
Onderstaande tabel laat het geschatte gasverbruik voor stoom en voor verwarming in 1993 en 1994 zien.

Tabel Geschatte verdeling van het gasverbruik voor verwarming en stoom.

	Q_{vw}		Q_{st}		Q_w		Q_w/Q_b	
	1993	1994	1993	1994	1993	1994	1993	1994
Jan	131	119	62	59	193	178	1,15	1,03
Feb	133	130	46	45	179	175	1,03	1
Maart	100	85	58	69	158	154	1,02	1,02
April	61	64	54	61	115	125	1,47	1,1
Mei	19	30	45	52	64	82	0,89	0,88
Juni	14	18	69	81	83	99	1,01	1,06
Juli	11	2	42	57	53	59	0,88	1,43
Aug	15	9	36	75	51	84	0,84	1,19
Sept	28	29	53	62	81	91	0,92	1,03
Okt	69	64	49	61	118	125	0,96	0,93
Nov	136	65	57	67	193	132	1,01	0,95
Dec	117	97	47	36	164	133	1,03	0,86
Totaal	834	712	618	725	1452	1437		

De verhouding tussen Q_w en Q_b is erg groot in april 1993 en in juli 1994. De laagste verhoudingen waren in augustus 1993 en in december 1994. Het is niet bekend wat hiervan de oorzaken kunnen zijn.

In onderstaande afbeelding wordt de geschatte verdeling van het gasverbruik grafisch weergegeven voor 1993 en 1994.



Afbeelding V Schatting verdeling aardgasverbruik voor verwarming en stoom.

Bijlage 10 Het stoomverbruik

In deze bijlage worden de productieprocessen, waar stoom voor nodig is, behandeld. Het percentage dat nuttig wordt aangewend wordt geschat.

Volgens de schatting in Bijlage 9 wordt er per jaar 700.000 m³ aardgas verbrand om stoom te kunnen produceren. De productie van stoom wordt over alle maanden als gelijk verspreid beschouwd. Dit komt neer op een verbrandingswaarde van 2042 GJ per maand. Om van voedingswater (100°C, 418 kJ/kg) stoom (204°C, 2793 kJ/kg) te maken moet per kilogram 2375 kJ worden toegevoegd. Uitgaande van een ketelrendement van 76% (zie Bijlage 13) wordt er per maand ±671 ton stoom (1593 GJ) geproduceerd. De stoom wordt voor verschillende doeleinden gebruikt:

1. Het suppletiewater dat de ontgasser inkomt moet worden verwarmd tot ±100°C om ontgast te worden en als voedingswater voor de ketel te kunnen dienen.
2. De primaire lijm wordt zodanig verwarmd dat deze tezamen met de secundaire lijm een temperatuur krijgt van 35°C. De temperatuur van de primaire lijm ligt rond de 50°C waarbij het zetmeel onder toevoeging van natronloog gaat geleren. De toevoeging van natronloog geeft een exotherm proces, maar de vrijkomende energie is te verwaarlozen (enkele procenten) in vergelijking met de energie die door de stoom wordt gedragen.
3. De lijm wordt na het opbrengen op het papier opgewarmd van 35°C tot 80°C om volledig te kunnen geleren.
4. Als voor de golfbaan buitenlands papier (International Semi Chemical) wordt gebruikt, moet deze worden bevochtigd. Dit gebeurt zelden (±13%). Volgens [1] moet de golfbaan 7% water bevatten, terwijl de vochtigheid van de rollen papier ongeveer 5% is. De golfbaan in het golfkarton heeft een massa van ±180 gram per m². Bevochtigde golfbanen hebben per vierkante meter golfkarton 3,6 gram stoomdamp nodig. Dit is per maand 2 ton stoom, wat nog geen half procent van het verbruikte suppletiewater is.
5. Het papier wordt in de Single Facer en de Double Facer voorverwarmd om de verlijming te verbeteren. In Tabel 4.1 wordt er van uitgegaan dat de SF-liner tussen de Single Facer en de Double Facer niet afkoelt.
6. Bij het drogen van het golfkarton wordt er van uitgegaan dat er 10 gram water van de 30 gram lijmwater per m² moet worden verdampt en dat de rest in de lijm en het golfkarton blijft zitten. Verder is er van uitgegaan, dat het voorverwarmde papier haar energie niet afstaat voor het drogen van het golfkarton, maar dat deze energie direct aan de GKM-hal wordt afgegeven.

In de volgende tabel wordt aangegeven welke objecten moeten worden verwarmd met stoom en hoeveel energie dit per maand kost.

Tabel Toepassingen van Stoom

Doel	Hoeveelheid (Ton/mnd)	Object	Enthalpieverhoging (MJ/ton)	Energiebehoefte (GJ/mnd)
Verwarmen voedingswater	500	water	4,2*(100-10°C)	189
Verwarmen lijm	180	lijm	4*(35-10°C)	18
Geleren lijm	180	lijm	4*(80-35°C)	32
Bevochtigen papier	2	stoom	2600	5
Verwarmen papier	2500	papier	1,4*(80-10°C)	245
Drogen golfkarton	60	damp	2300	138
Totaal				627

Kanttekeningen:

De SF-liner wordt twee maal verwarmd. Een maal in de Single Facer en een maal in de Double Facer. Tussen de Single Facer en de Double Facer koelt hij af en droogt enigszins op. In welke mate dit gebeurt moet nog gemeten worden.

De hoeveelheid energie die in het papier wordt gestopt is groter dan de hoeveelheid energie om het vocht te verdampen. Dit zou betekenen dat er geen energie voor het droogproces in het golfkarton gestopt hoeft te worden omdat het golfkarton vanzelf opdroogt.

Als buiten beschouwing wordt gelaten dat de SF-liner opnieuw moet worden opgewarmd en dat energie die in het warme golfkarton is opgeslagen niet kan worden gebruikt om te drogen, moet het totaal van Tabel 4.1 worden gebruikt. Dit is 627 GJ (39%) van de 1593 GJ die door stoom wordt gedragen.

Op de energie voor het voedingswater (189 GJ) na wordt alle energie die door stoom wordt gedragen, uiteindelijk afgestaan aan de lucht in de GKM-hal. Dit is 1404 GJ/mnd, wat 88% is van de door stoom gedragen energie en 69% van het gasverbruik voor de produktie van stoom.

Bijlage 11 Het elektriciteitsverbruik

In deze bijlage wordt een uitsplitsing gegeven van het elektriciteitsverbruik per onderdeel bij Van Dam. Deze uitsplitsing is bepaald aan de hand van een geschatte bezettingsgraad, vermenigvuldigd met het geïnstalleerd vermogen per onderdeel.

Het elektriciteitsverbruik is het gehele jaar door vrijwel gelijk. Tijdens productie-uren is het opgenomen vermogen ± 1000 kW en 's nachts en in het weekend ± 120 kW. In de energiebalans neemt de elektriciteit een bescheiden plaats in hoewel de elektriciteitskosten hoger zijn dan de gaskosten. Dit komt door een hogere prijs per GJ voor elektriciteit. Een MWh staat voor 3,6 GJ. Hieronder is het elektriciteitsverbruik per onderdeel per jaar vermeld.

Verbruik van elektriciteit per onderdeel per jaar

Onderdeel	Vermogen (kW)	Draai-uren	Bezettingsgraad	Verbruik (MWh/jr)
GKM-hal	900	3600	0,31	1000
Verwerking	600	3600	0,19	400
Afzuiging	480	3600	0,64	1100
Verwarming	80	5000	0,75	300
Verlichting	80	3600	1,04	300
Compressor	130	8640	0,49	550
Overig	500	8640	0,08	350,00
Totaal	2770			4000

Bijlage 12 Het energiegebruik voor verwarming

In onderstaande tabel wordt per afdeling de oppervlakte van de vloeren en daken weergegeven en een schatting van de wandoppervlakten. In kolom 4 staat het geïnstalleerde vermogen per afdeling, waarmee in kolom 5 het geïnstalleerd vermogen per oppervlakte wand en dak wordt gegeven. Verder wordt in kolom 6 een schatting gegeven van het aandeel (in %) dat de afdeling heeft in de verbruikte hoeveelheid aardgas voor verwarming.

Tabel Verbruik en geïnstalleerd vermogen per afdeling.

Afdeling	Vloer/Dak (m ²)	Wand (m ²)	Vermogen (kW)	P/(D+W) (kW/m ²)	Aandeel verbruik
Rollenloods	3000	1300	0	0,00	
Mag. Gereed Produkt	3000	1300	0	0,00	
GKM-hal	2800	800	1109	0,31	10
Verwerkingshal	12800	1000	1790	0,13	50
Expeditie	3700	1000	711	0,15	19
Kantine/Ontwerp	900	500	225	0,16	7
Kantoren	1780	400	?	0,00	11
Techn. Dienst	800	300	?	0,00	3
Totaal	28780	6600	3835		100

Om een verschil met de buitentemperatuur van 30°C te kunnen compenseren moet bij een transmissiewaarde van 3,4 W/m².K het geïnstalleerde vermogen per m² 0,1 kW zijn. Als de installatie goed werkt is het vermogen volgens kolom 5 in bovenstaande tabel in elke hal voldoende. De GKM-hal is relatief ruim bedeed met verwarmend vermogen.

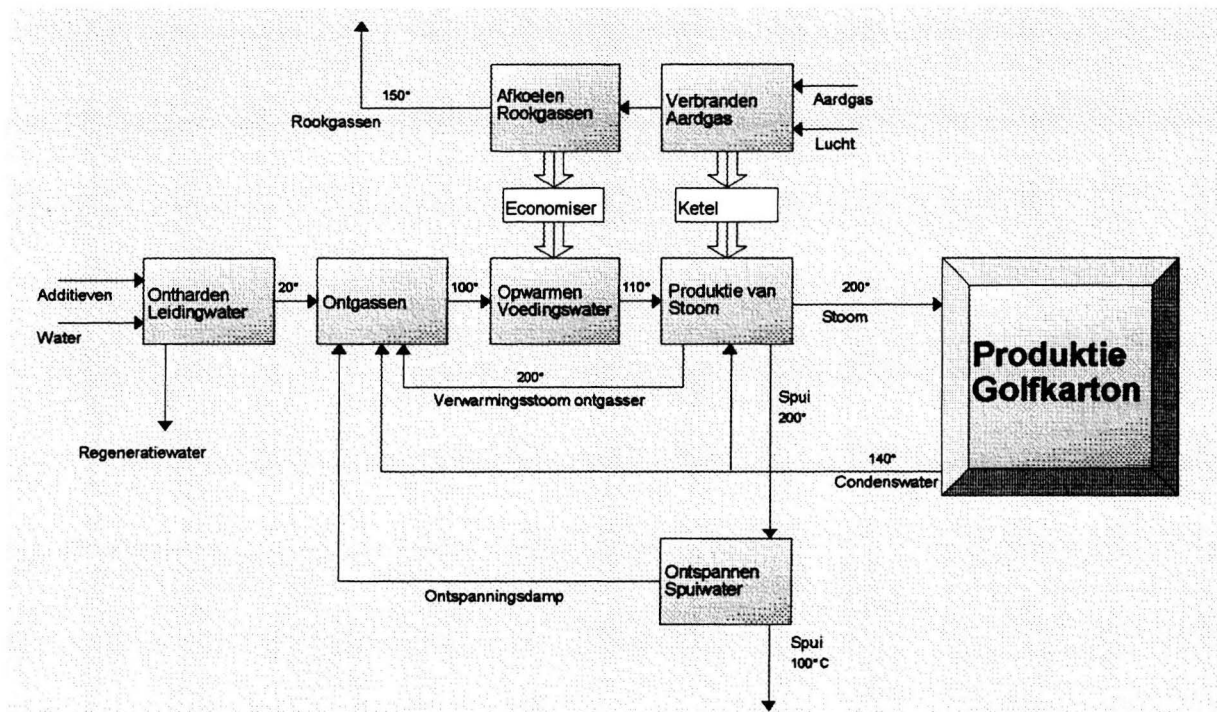
Het geschatte verbruik aan verwarmd water is evenredig met het wand- en dakoppervlak.

Uitzonderingen zijn:

1. De GKM-hal, waar naast de verwarmingsinstallatie nog veel meer energie door de GKM wordt afgedragen.
2. De expeditie, waar veel buitenlucht naar binnen waait en zodoende meer verwarming wordt gevraagd.
3. De TD, waar het ketelhuis energie uitstraalt naar de werkplaats.

Bijlage 13 Rendement stoomketel

In **Afbeelding VI** wordt de werking van de stoomketel schematisch weergegeven. De rookgassen worden via een economiser enigszins afgekoeld, maar het voedingswater bij de economiser is al zo warm (100°C), dat het weinig energie meer kan opnemen. De economiser verwarmt het voedingswater met 10°C tot 110°C. Uitgaande van een volume aan voedingswater van 500 m³ per maand geeft de economiser $500 * 4,2 * 10 = 21$ GJ/mnd af en geeft hiermee een rendementsverhoging van 1%.



Afbeelding VI Productie van stoom

De rookgasverliezen zijn volgens de energiebalans 16%.

Het stralingsverlies van een cilindrische stoomketel is volgens [12] 0,7% van het maximaal vermogen. De stoomketel heeft een bezettingsgraad van 22% tijdens de productie-uren. De stralingsverliezen zijn dan $0,7\%/0,22 = 3,2\%$. Als dan ook nog de stralingsverliezen buiten produktietijd worden meegerekend is het totale stralingsverlies ongeveer 4%. Gezien de vele appendages bij de stoomketel kan het stralingsverlies op 6% worden geschat.

De spuiverliezen zijn volgens de energiebalans 2%.

$$100\% - 16\% - 6\% - 2\% = 76\%$$

Het rendement van de stoomketel wordt volgens bovenstaande berekening bepaald op 76% van de verbrandingswaarde.

Bijlage 14 De afzuiging

In onderstaande tabel staan de belangrijkste ventilatoren aangegeven die bij Van Dam zijn geïnstalleerd. Bij iedere ventilator is het geïnstalleerde vermogen aangegeven en een schatting gegeven van het aantal draai-uren per jaar. Hieruit wordt het verbruik berekend. Verder wordt voor iedere ventilator een schatting gegeven van de hoeveelheid lucht, die per uur naar buiten wordt geblazen. Hieruit kan de hoeveelheid afgezogen lucht per jaar worden berekend.

Ventilator	Vermogen (kW)	Bezetting (uur)	Gebruik (MWh/jr)	Volume (m ³ /uur)	Volume (kton/jr)
Airtrack	11				
Exhauster	22				
Exhauster	45				
Bobst & Universal	78	3800	296	20000	93
Martin Turbo	30	1700	51	13000	27
Martin Mini	30	110	3	13000	2
Martin Midline	37	2400	89	13000	38
Airtrack	7,5				
Exhauster	30				
Midas	38	2000	75		
Exhauster	45	3600	162	21000	93
Breker 1	10				
Breker 2	10				
Exhauster	22				
GKM-stroken	42	3700	155	15000	68
Shredder	45	1500	68	30000	55
Luchtretour 1	22	4000	88		
Luchtretour 2	22	3000	66		
afzuiger SF 5 mm	17	2000	34	20000	49
afzuiger SF 3 mm	17	3600	61	20000	89
Vacuümzuiger SF 5 mm	22	2000	44	10000	25
Vacuümzuiger SF 3 mm	22	3600	79	10000	44
6 dakventilatoren	30	2500	75	125000	369
Kantine	5	200	1	10000	2
Totaal	484		1348		956