

Totale logistieke kosten in multimodaal goederenvervoer

Uitwerking en validatie van een beslissingsondersteunend model

Leen RIBUS

promotor :

Prof. dr. Alex VAN BREEDAM

Woord vooraf

Deze eindverhandeling vormt het sluitstuk van mijn opleiding tot Handelsingenieur aan de Universiteit Hasselt. Gedurende de laatste twee jaren van mijn opleiding volgde ik de major en minor Operationeel Management en Logistiek. Voornamelijk de cursussen die te maken hadden met logistiek heb ik van in het begin zeer interessant gevonden. Vandaar dat ook snel vastlag dat ik een eindverhandeling wilde maken over een onderwerp dat met logistiek te maken had. Tijdens het opleidingsonderdeel "Logistiek" maakte ik kennis met het Vlaams Instituut voor de Logistiek (VIL) te Antwerpen. Professor A. Van Breedam is algemeen directeur van het VIL en gaf een aantal studenten de mogelijkheid om in samenwerking met dit instituut een logistiek onderwerp uit te werken. Mijn keuze viel op het onderwerp van deze eindverhandeling omdat ik er van overtuigd ben dat multimodaal vervoer in de toekomst meer aandacht zal (moeten) krijgen.

Het is dan ook met veel voldoening dat ik gewerkt heb aan deze eindverhandeling. Echter zonder de hulp van een aantal personen was het vervullen van deze opdracht zeer moeilijk, zo niet onmogelijk geweest. Daarom wil ik hen bedanken. Bijzondere dank gaat uit naar de heer A. Van Breedam, mijn promotor, en de heer B. Vannieuwenhuyse, medewerker van het VIL, die mij heeft begeleid gedurende het verloop van mijn eindverhandeling. Verder wil ik ook nog een woord van dank richten tot de heer B. Vernimmen. Hij gaf me een aantal interessante inzichten die ik bij het schrijven van deze eindverhandeling goed kon gebruiken. Vervolgens wil ik ook nog mijn oprechte dank betuigen aan de heer T. Fonteyn van het Logistiek Forum Limburg. Via hem kwam ik in contact met Steenfabrieken Vandersanden voor de gevalstudie in deze eindverhandeling. Voor de dataverzameling voor de gevalstudie werd ik bijgestaan door de heer W. Roox, logistiek coördinator bij Vandersanden. Ik ben hem dan ook zeer dankbaar voor zijn bereidwillige medewerking.

Ten slotte, maar daarom zeker niet minder belangrijk, wil ik mijn ouders, mijn vrienden en familie bedanken voor hun morele en financiële steun gedurende de voorbije vijf jaar. Speciale dank gaat ook uit naar mijn vriend Jan voor zijn hulp en aanmoedigende woorden op moeilijke momenten tijdens de afgelopen jaren. Mede dankzij de steun van al deze mensen heb ik mijn opleiding tot Handelsingenieur tot een goed einde kunnen brengen.

Leen Ribus

Hasselt, mei 2007

Samenvatting

Onder meer door de toegenomen globalisering en het openstellen van de landsgrenzen is het goederentransport de laatste jaren toegenomen. Zo is, volgens het Vlaams Instituut voor de Logistiek vzw (2006), het goederenvervoer in de EU tussen 1990 en 2000 ongeveer 29 procent gestegen. Voor België bedroeg deze stijging tijdens dezelfde periode 19 procent. De stijging van het goederenvervoer had onder meer een toename van het aantal files tot gevolg. Dit is één van de redenen waarom de aandacht voor alternatieve vervoerswijzen opnieuw aangescherpt werd. De toenemende druk op bedrijven om de kosten te verlagen, heeft er toe geleid dat ondernemingen op zoek zijn naar manieren om onder meer de totale logistieke kost te berekenen en indien mogelijk ook te reduceren.

Wanneer de transportkeuze gemaakt moet worden, zal meestal eerst gedacht worden aan het wegvervoer. Dit komt doordat bedrijven meestal makkelijk aangesloten zijn op het wegennet. Voor het spoorvervoer en het binnenvaartvervoer ligt dit echter anders. Bij deze vervoerswijzen moeten bedrijven meestal een beroep doen op voor- en/of natransport, aangezien ze vaak niet onmiddellijk aangesloten zijn op het waterwegen- of spoornetwerk. Zoals zal blijken uit de gevalstudie die in hoofdstuk 8 behandeld wordt, is dit voor- en/of natransport vaak een dure aangelegenheid. Bedrijven die wel gelegen zijn langs het waterwegen- of spoornetwerk moeten zelf beschikken over een kade of overslagplaats of ze moeten er toch zeker van zijn dat ze er gebruik van kunnen maken bij een naburige onderneming. Vandaar dat deze vervoerswijzen minder voor de hand liggen bij de keuze van de transportmodus. Een vervoersmodus die nog minder voor de hand ligt, is het luchtvervoer. Deze komt ook maar in aanmerking voor een beperkt gamma van producten. Volledigheidshalve moet ook het vervoer via pijpleidingen aangehaald worden. Dit komt echter nog maar op zeer beperkte schaal voor gezien het beperkte aantal goederen dat op deze manier getransporteerd kan worden.

Verschillende initiatieven om multimodaal goederenvervoer aan te moedigen, werden reeds genomen door bepaalde instanties, zoals het Vlaams Instituut voor de Logistiek (VIL) en het Logistiek Forum Limburg (LogForLim). Deze, maar ook nog andere organisaties, hebben de nood onderkend om bedrijven aan te sporen multimodaal goederenvervoer te overwegen. Een initiatief van het VIL is meer bepaald het opstellen van een beslissingsondersteunend model voor de vervoerswijzekeuze. Dit model heeft als doel een indicatie te geven van de totale logistieke kost, die de parameter bij uitstek is om de verschillende modi te evalueren. Het is op dit model dat in deze eindverhandeling verder wordt ingegaan.

In een **inleidend hoofdstuk** wordt kort ingegaan op het belang van logistiek in het algemeen en op het belang van de vervoerswijzekeuze in het bijzonder. De laatste jaren is immers gebleken dat bedrijven een steeds groter competitief voordeel kunnen behalen op het vlak van de logistiek.

Bedrijven die kiezen voor de vervoerswijze met de laagste totale logistieke kosten kunnen dan ook een concurrentieel voordeel behalen.

Verder bespreekt dit hoofdstuk kort de problemen die zich kunnen voordoen bij de vervoerswijzekeuze. Zo is uit onderzoek, uitgevoerd door het VIL, gebleken dat verladers tot op heden nog onvoldoende inzicht hebben in de totale logistieke kosten van de vervoersoplossingen. Vandaar dat het VIL met het model een hulpmiddel wil bieden aan verladers bij de berekening van de totale logistieke kost en het bepalen van de vervoerswijzekeuze.

In **hoofdstuk 2** wordt een omschrijving gegeven van het 'praktijkprobleem' dat in deze eindverhandeling aan bod komt. Daarnaast wordt in dat hoofdstuk ook aangegeven welke centrale onderzoeksvraag en deelvragen gebruikt worden om een oplossing te zoeken voor het praktijkprobleem. Het praktijkprobleem bestaat erin dat bij goederenvervoer een vervoerswijzekeuze gemaakt moet worden. Aangezien deze keuze belangrijke implicaties kan hebben op de kosten van een onderneming, is het belangrijk dat dit een gefundeerde beslissing is. Vaak is deze keuze echter enkel gebaseerd op de directe transportkost. In dat geval is er van logistieke optimalisatie geen sprake. Verladers die zich hiervan bewust zijn, gaan op zoek naar manieren om de totale logistieke kosten onder controle te houden of indien mogelijk zelfs te reduceren. Een mogelijke manier om dit te doen, is het maken van een goede vervoerswijzekeuze. Om dit te kunnen, hebben verladers behoefte aan instrumenten om de transportkeuze in een ruimer logistiek perspectief te plaatsen. Vandaar dat ze op zoek zijn naar beslissingsondersteunende hulpmiddelen die hen helpen bij het bepalen van de optimale vervoerswijze.

Aan het einde van het tweede hoofdstuk is er een paragraaf terug te vinden met de definiëring van of uitleg over een aantal relevante begrippen, namelijk transportalternatieven, intermodaliteit en multimodaliteit, *modal split*, verkeer, vervoer en transport.

Uiteraard is het, om een keuze te maken tussen de verschillende vervoersmiddelen of -modi, belangrijk om te weten welke de verschillende alternatieven zijn. Mogelijke alternatieven voor vervoer over het land zijn: vrachtwagens, goederentreinen en pijpleidingen. Vervoer over het water kan onder meer met binnenvaartschepen, kustschepen voor *Shortsea Shipping* en oceaanschepen. Luchtvervoer gebeurt hoofdzakelijk met speciale vrachtvliegtuigen.

Multimodaal goederenvervoer kan op verschillende manieren gedefinieerd worden. Enkele definities komen aan bod in het laatste deel van hoofdstuk 2. Verder gaat de aandacht ook uit naar termen als intermodaal en gecombineerd vervoer. De verschillende termen worden regelmatig door elkaar gebruikt, maar het verschil ertussen heeft strikt genomen te maken met de mate van de transportintegratie.

Om de probleemstelling uit hoofdstuk twee uit te werken, werd gestart op basis van een literatuurstudie. De resultaten hiervan werden vergeleken met het beslissingsondersteunend model van het VIL. Om dit model te toetsen, werd na de literatuurstudie ook overgegaan op een praktijkstudie. Deze gebeurde bij Steenfabrieken Vandersanden en komt aan bod in hoofdstuk 8.

De literatuurstudie start in **hoofdstuk 3** met de bestudering van de totale logistieke kosten en de componenten ervan. Logistieke dienstverleners proberen deze kosten zo laag mogelijk te houden. Tegelijk willen ze echter een zeker niveau van service en kwaliteit aanbieden aan de klant. Uit ervaring is men gaan beseffen dat de totale logistieke kost meer is dan eenvoudigweg een afweging tussen transport- en voorraadkosten. Logistieke dienstverleners realiseren zich dat ook andere kosten in de berekening dienen opgenomen te worden. Welke deze andere kosten zijn, daar is niet altijd volledige overeenstemming over. In deze eindverhandeling zal dan ook zoveel mogelijk uitgegaan worden van de kostencomponenten die door het VIL zijn opgenomen in hun beslissingsondersteunend model. Het gaat hier meer bepaald om: de transportkost, transporttijd kost, overslagkost, voorraadkost en interne bedrijfskost.

Om af te sluiten, gaat in het derde hoofdstuk de aandacht uit naar kwaliteitsattributen die in beschouwing kunnen genomen worden bij de vervoerswijzekeuze. Deze component bestaat uit een aantal aspecten die moeilijk in geldwaarde uit te drukken zijn. Voorbeelden hiervan zijn betrouwbaarheid, flexibiliteit, frequentie, veiligheid en imago.

Hoofdstuk 4 geeft meer uitleg over enkele modellen betreffende de modale keuze. Er wordt uitgebreid ingegaan op het *inventory-theoretic* model. Hierbij wordt de keuze van de transportmodus gezien als een functie van de modale kenmerken. Het doel van de verzender is het nemen van een modale beslissing die leidt tot een minimalisatie van de totale transport- en niet-transportkosten die geassocieerd worden met het vervoer van goederen. Verder wordt er bij de bespreking nog aandacht geschonken aan een heuristiek met betrekking tot het *inventory-theoretic* model en de voordelen en problemen die verbonden zijn aan dit model.

Vervolgens wordt er in hoofdstuk 4 in zeer beperkte mate ingegaan op drie andere modellen: de *traditional approach*, de *revealed preference approach* en het *behavioral* model. Hierop wordt echter niet dieper ingegaan omdat het model van het VIL het dichtst aanleunt bij het *inventory-theoretic* model en minder bij de drie andere modellen.

Hoofdstuk 5 handelt uitgebreid over het beslissingsondersteunend model van het VIL. Als inleiding op dit hoofdstuk wordt eerst kort een bespreking gegeven van de theorie. Meer bepaald gaat het hier om de opportuniteiten en knelpunten van multimodaal vervoer en de voor- en nadelen van de verschillende vervoersmodi.

Vervolgens wordt er aandacht geschonken aan de evolutie van de transportsector op multimodaal vlak, met extra aandacht voor de evolutie van het spoor- en wegvervoer, het binnenvaartvervoer, *shortsea shipping* als binnenvaart, luchtvervoer en vervoer via pijpleidingen.

Bij de bestudering van de evolutie van de transportsector bleek duidelijk dat deze sector niet van de ene dag op de andere overschakelde van unimodaal naar multimodaal vervoer. Er tekende zich een overgang af die nog steeds aan de gang is. Deze overgang begon toen verladers van en naar de haven een aanvoermiddel gingen gebruiken.

Wat het spoor- en wegvervoer betreft, kan gezegd worden dat de functie van het spoorvervoer doorheen de jaren geleidelijk aan is overgenomen door het wegvervoer. Dit was één van de oorzaken van de enorme groei van het wegvervoer. Deze groei heeft echter een aantal negatieve kanten. Zo ontstonden er onder meer capaciteits-, milieu- en veiligheidsproblemen.

Op het gebied van de binnenvaart kan gezegd worden dat het er op dit moment naar uitziet dat het binnenvaartvervoer meer mogelijkheden biedt dan het spoorvervoer. Het binnenvaartvervoer is immers nog ver verwijderd van de maximumcapaciteit. Dit is één van de redenen waarom het Vlaamse en Europese mobiliteitsbeleid de binnenvaart promoten als milieuvriendelijk alternatief voor het wegvervoer. Nadeel is echter dat de geografische reikwijdte van het binnenvaartvervoer niet zo groot is als deze van bijvoorbeeld het wegvervoer. Verder blijkt ook nog dat er werk gemaakt wordt van een naadloze combinatie van *Shortsea Shipping* en binnenvaart. Luchtvervoer en vervoer via pijpleiding komen slechts in aanmerking voor een beperkt aantal vervoersniches. Vandaar ook het beperkte gebruik van deze modi.

In een tweede deel van het vijfde hoofdstuk volgt een beschrijving van het beslissingsondersteunend model dat reeds door het VIL werd uitgewerkt. In dit deel worden de transportkost, transporttijdkost, overslagkost, voorraadkost, interne bedrijfskost en kwaliteitsattributen afzonderlijk besproken.

Het derde deel van dit hoofdstuk bevat een vergelijking van het beslissingsondersteunend model van het VIL met de literatuur. Ook hierbij is de opdeling gemaakt in transportkosten, transporttijdkosten, overslagkosten, voorraadkosten, interne bedrijfskosten en kwaliteitsattributen. Het doel van de vergelijking is om na te gaan voor welke componenten het beslissingsondersteunend model van het VIL aanpassing of uitbreiding nodig heeft.

In het **zesde hoofdstuk** worden aanbevelingen gegeven voor het beslissingsondersteunend model van het VIL. Hierbij wordt aandacht besteed aan de mate van overeenstemming van het beslissingsondersteunend model met de literatuur, welke bestudeerd werd in hoofdstuk 5, en mogelijkheden om het model van het VIL te verfijnen. Uit de studie bleek dat voor de transporttijdkosten, overslagkosten en interne bedrijfskosten geen aanpassingen nodig zijn. Indien meer nauwkeurigheid gewenst is in de berekening van de totale logistieke kost, kunnen de

transportkosten nog verfijnd worden door een opsplitsing te maken in personeelskosten en chauffeurkosten. Voor de kwaliteitsattributen geldt dat een nauwkeuriger resultaat voor de totale logistieke kost kan bekomen worden indien meerdere factoren gekwantificeerd worden dan tot nu toe het geval was. Als laatste zijn er nog de voorraadkosten. Hiervoor zou het VIL een module kunnen invoeren die nagaat of de toegepaste voorraadpolitiek in een bedrijf wel de meest voordelige is. Dit laatste komt uitgebreid aan bod in hoofdstuk 7.

Hoofdstuk 7 begint met een bespreking van het aandeel van voorraadkosten in de wereldwijde logistieke kosten. Dit aandeel bedraagt 27 procent. Hierdoor komen de voorraadkosten op de tweede plaats bij de belangrijkste componenten van de logistieke kosten. Op de eerste plaats staan de transport- en overslagkosten, met een aandeel van 39 procent. Vervolgens wordt ingegaan op de noodzaak en functies van voorraden. Daarna volgt een gedeelte over de kosten verbonden aan voorraden. Hierbij is er onder meer sprake van bestelkosten, kosten voor het aanhouden van de voorraad, tekortkosten, instelkosten of opstartkosten en de discontovoet die de tijdswaarde van geld uitdrukt.

Vervolgens wordt aandacht besteed aan verschillende voorraadmodellen. Eerst wordt een onderscheid gemaakt tussen modellen die uitgaan van een deterministische vraag en modellen die uitgaan van een stochastische vraag. Vervolgens wordt er een opsplitsing gemaakt tussen *continuous-review* modellen en *periodic-review* modellen. Bijzondere aandacht gaat in dit hoofdstuk uit naar *deterministic continuous-review models* (met extra aandacht voor het *economic order quantity model*), *deterministic periodic-review models* en *stochastic continuous-review models* en de voorwaarden die aan deze modellen verbonden zijn. Dan volgt een uitwerking van mogelijke verbeteringen aan het beslissingsondersteunend model van het VIL aan de hand van deze voorraadmodellen. Als laatste wordt er in dit hoofdstuk nog aandacht geschonken aan de gegevensverzameling voor deze modellen.

Het **achtste hoofdstuk** en tevens ook het laatste gedeelte van deze eindverhandeling betreft de praktijkstudie die werd uitgevoerd bij Steenfabrieken Vandersanden. Deze onderneming overweegt een *modal shift* van het unimodale wegvervoer naar het multimodale weg-binnenvaartvervoer. Meer bepaald gaat het hier om het transport van bakstenen van Lanklaar en Spouwen-Bilzen naar Noord-Frankrijk. Na een vergelijking van een aantal scenario's blijkt dat het vooral het dure natransport is wat het multimodale alternatief minder aantrekkelijk maakt. Echter indien in de toekomst het laden en lossen sneller kan gebeuren dan bij de proefvaart, door onder andere de opgedane ervaring, de overschakeling op het roll-on/roll-off principe en het gebruik van een ponton, kan de balans omslaan in het voordeel van het multimodale alternatief. Uiteraard bestaat ook de mogelijkheid om over lagere tarieven voor het natransport te onderhandelen met de externe dienstverlener.

Inhoudsopgave

Woord vooraf	II
Samenvatting.....	III
Inhoudsopgave	VIII
Lijst van de tabellen.....	XIII
Lijst van de figuren	XIV
 Hoofdstuk I: Inleiding.....	 - 1 -
1.1 Belang logistiek	- 1 -
1.2 Belang vervoerswijzekeuze voor bedrijven.....	- 1 -
1.3 Problemen bij vervoerswijzekeuze	- 3 -
 Hoofdstuk II: Omschrijving onderzoekopzet	 - 4 -
2.1 Probleemstelling	- 4 -
2.1.1 <i>Praktijkprobleem: omschrijving en situering</i>	- 4 -
2.1.2 <i>Centrale onderzoeksvraag en deelvragen</i>	- 5 -
2.2 Definiëring van enkele relevante begrippen.....	- 7 -
2.2.1 <i>Transportalternatieven</i>	- 7 -
2.2.2 <i>Intermodaliteit en multimodaliteit</i>	- 7 -
2.2.3 <i>Modal split</i>	- 8 -
2.2.4 <i>Verkeer, vervoer en transport</i>	- 10 -
 Hoofdstuk III: De totale logistieke kost en zijn componenten	 - 12 -
3.1 Belang van de totale logistieke kost.....	- 12 -
3.2 Componenten van de totale logistieke kost	- 14 -
3.2.1 <i>Transportkost (TK)</i>	- 14 -
a) <i>Wegvervoer</i>	- 15 -
b) <i>Binnenvaart</i>	- 16 -
c) <i>Spoorvervoer</i>	- 16 -
3.2.2 <i>Overslagkost (OvK)</i>	- 17 -
3.2.3 <i>Transporttijd kost (TTK)</i>	- 18 -
3.2.4 <i>Voorraadkost (VoK)</i>	- 18 -
3.2.5 <i>Interne bedrijfskost (InBeK)</i>	- 19 -
3.3 Kwaliteitsattributen	- 19 -

Hoofdstuk IV: Modellen omtrent modale keuze	- 21 -
4.1 Verschillende modellen	- 21 -
4.2 Het inventory-theoretic model	- 22 -
4.2.1 Heuristiek	- 23 -
4.2.2 Voordelen inventory-theoretic model	- 23 -
4.2.3 Problemen inventory-theoretic model.....	- 24 -
4.2.4 Besluit	- 24 -
 Hoofdstuk V: Beslissingsondersteunend model.....	 - 25 -
5.1 Korte bespreking van de theorie.....	- 25 -
5.1.1 Opportuniteiten en knelpunten van multimodaal vervoer	- 25 -
a) Technische of infrastructurele knelpunten.....	- 25 -
b) Organisatorische knelpunten	- 26 -
c) Maatschappelijke knelpunten	- 26 -
5.1.2 Beknopte bespreking van de voor- en nadelen van de verschillende vervoersmodi.....	- 26 -
5.1.3 Evolutie van de transportsector op multimodaal vlak.....	- 28 -
a) Spoorvervoer en wegvervoer.....	- 28 -
b) Binnenvaart	- 29 -
c) 'Shortsea Shipping' (SSS) als binnenvaart	- 29 -
d) Luchtvervoer.....	- 30 -
e) Pijpleidingen	- 30 -
5.2 Beschrijving van het beslissingsondersteunend model dat reeds door het Vlaams Instituut voor de Logistiek werd uitgewerkt	- 30 -
5.2.1 Transportkosten	- 31 -
5.2.2 Transporttijdkosten	- 33 -
a) Kapitaalkost.....	- 34 -
b) Fysische bederfbaarheid	- 34 -
c) Economische bederfbaarheid	- 34 -
5.2.3 Overslagkost	- 36 -
5.2.4 Voorraadkosten	- 37 -
a) Waardering voorraad.....	- 38 -
- Kapitaalkost	- 38 -
- Magazijnkost	- 38 -
- Fysische Bederfbaarheid.....	- 39 -
- Economische Bederfbaarheid	- 39 -
- Risico op schade en verlies	- 39 -
5.2.5 Interne bedrijfskosten	- 40 -
5.2.6 Kwaliteitsattributen	- 41 -

5.3 Vergelijking van het beslissingsondersteunend model van het Vlaams Instituut voor de Logistiek met de literatuur.....	- 43 -
5.3.1 Transportkosten	- 43 -
5.3.2 Transporttijdkosten	- 45 -
5.3.3 Overslagkost	- 47 -
5.3.4 Voorraadkosten	- 48 -
5.3.5 Interne bedrijfskosten	- 51 -
5.3.6 Kwaliteitsattributen	- 52 -
a) Decompositie	- 53 -
b) Synthese.....	- 54 -

Hoofdstuk VI: Kritische aanbevelingen voor het beslissingsondersteunend model van het Vlaams Instituut voor de Logistiek - 55 -

6.1 Mate van overeenstemming van het beslissingsondersteunend model met de literatuur en mogelijkheden om het model van het Vlaams Instituut voor de Logistiek te verfijnen	- 55 -
6.1.1 Transportkosten	- 55 -
6.1.2 Transporttijdkosten	- 56 -
6.1.3 Overslagkost	- 57 -
6.1.4 Voorraadkost	- 57 -
6.1.5 Interne bedrijfskosten	- 58 -
6.1.6 Kwaliteitsattributen	- 58 -

Hoofdstuk VII: Bespreking voorraadmodellen als mogelijke uitbreiding van het beslissingsondersteunend model van het Vlaams Instituut voor de Logistiek..... - 60 -

7.1 Noodzaak en functies van voorraden	- 61 -
7.2 Kosten verbonden aan voorraden	- 62 -
7.3 Voorraadmodellen.....	- 62 -
7.3.1 Deterministic continuous-review models.....	- 64 -
a) Economic Order Quantity model.....	- 64 -
7.3.2 Deterministic periodic-review model	- 67 -
7.3.3 Stochastic continuous-review model	- 69 -
a) Bepalen van het bestelpunt R	- 73 -
7.4 Uitwerking van mogelijke verbeteringen aan het beslissingsondersteunend model van het Vlaams Instituut voor de Logistiek aan de hand van de voorraadmodellen	- 75 -
7.4.1 Deterministic continuous-review model	- 76 -
7.4.2 Deterministic periodic-review model	- 76 -
7.4.3 Stochastic continuous-review model	- 77 -
7.5 Gegevensverzameling.....	- 78 -
7.5.1 Deterministic continuous-review models.....	- 78 -

a) <i>EOQ-model</i>	- 78 -
7.5.2 <i>Deterministic periodic-review models</i>	- 78 -
7.5.3 <i>Stochastic continuous-review model</i>	- 79 -
Hoofdstuk VIII: Gevalstudie Steenfabrieken Vandersanden	- 81 -
8.1 Bedrijfsvoorstelling Vandersanden	- 81 -
8.2 Omschrijving logistiek proces Steenfabrieken Vandersanden	- 82 -
8.3 Omschrijving huidige situatie en mogelijk alternatief met de binnenvaart	- 84 -
8.4 Uitwerking gevalstudie	- 85 -
8.4.1 <i>Wegvervoer</i>	- 85 -
a) <i>Berekening totale logistieke kost wegvervoer</i>	- 86 -
- Transportkosten	- 86 -
- Transporttijdkosten	- 86 -
- Overslagkost	- 87 -
- Voorraadkost	- 88 -
- Interne bedrijfskost	- 88 -
- Samenvatting	- 89 -
8.4.2 <i>Binnenvaart met natransport over de weg</i>	- 89 -
a) <i>Berekening totale logistieke kost binnenvaart met natransport over de weg</i>	- 90 -
- Transportkosten	- 90 -
- Transporttijdkosten	- 91 -
- Overslagkosten	- 92 -
- Voorraadkost	- 92 -
- Interne bedrijfskost	- 93 -
- Samenvatting	- 93 -
8.4.3 <i>Vergelijking alternatieven</i>	- 94 -
a) <i>Transportkost</i>	- 95 -
b) <i>Transporttijdkost</i>	- 96 -
c) <i>Overslagkost</i>	- 97 -
d) <i>Voorraadkosten</i>	- 97 -
e) <i>Totale logistieke kost</i>	- 98 -
8.4.4 <i>Kwaliteitsattributen</i>	- 98 -
8.5 Evaluatie mogelijke uitbreiding beslissingsondersteunend model toegepast op Steenfabrieken Vandersanden	- 99 -
8.5.1 <i>EOQ-model</i>	- 100 -
8.5.2 <i>Deterministic periodic-review model</i>	- 103 -
8.5.3 <i>Stochastic continuous-review model</i>	- 105 -
8.6 Conclusie gevalstudie	- 106 -
8.6.1 <i>Uitgewerkte alternatieven</i>	- 106 -

8.6.2 Traject en kostencomponenten.....	- 108 -
8.6.3 Conclusie uitbreiding voorraadmodellen	- 109 -
Conclusie	- 110 -
Kostencomponenten totale logistieke kost.....	- 110 -
<i>Transportkosten</i>	- 111 -
<i>Transporttijdkosten</i>	- 111 -
<i>Overslagkosten</i>	- 112 -
<i>Voorraadkosten</i>	- 112 -
<i>Interne bedrijfskosten</i>	- 112 -
<i>Kwaliteitsattributen</i>	- 113 -
Uitbreiding voorraadmodellen	- 113 -
Algemene aanbevelingen of opmerkingen	- 114 -
Lijst van de geraadpleegde werken.....	- 116 -
Bijlagen	- 121 -

Lijst van de tabellen

Tabel 1: Modal split en evolutie van goederenvervoer in ton-km	- 9 -
Tabel 2: Modal split EU-15 (2001)	- 9 -
Tabel 3: Componenten van de transportkost – wegvervoer	- 15 -
Tabel 4: Componenten van de transportkost – binnenvaart.....	- 16 -
Tabel 5: Componenten van de transportkost – spoorvervoer	- 16 -
Tabel 6: Relevante parameters van het transportsysteem	- 20 -
Tabel 7: SWOT-analyse van de verschillende transportmodi	- 27 -
Tabel 8: Eigenschappen van de vervoerswijzekeuze	- 27 -
Tabel 9: Kostencomponenten alternatief via het wegvervoer	- 89 -
Tabel 10: Kostencomponenten alternatief binnenvaart	- 93 -
Tabel 11: Vergelijking alternatieven.....	- 94 -
Tabel 12: Verschil tussen de alternatieven.....	- 95 -
Tabel 13: Transporttarieven transporteur Menen	- 96 -
Tabel 14: Overzicht Kwaliteitsattributen	- 98 -
Tabel 15: Totale logistieke kosten bij kapitaalkost van 6%.....	- 107 -
Tabel 16: Kostencomponenten transportkost - Wegvervoer	Bijlage 1
Tabel 17: Kostencomponenten transportkost - Binnenvaart	Bijlage 2
Tabel 18: Kostencomponenten transportkost - Spoorvervoer.....	Bijlage 3
Tabel 19: Technische en infrastructurele knelpunten multimodaal vervoer.....	Bijlage 4
Tabel 20: Organisatorische knelpunten multimodaal vervoer	Bijlage 4
Tabel 21: Maatschappelijke knelpunten multimodaal vervoer.....	Bijlage 4
Tabel 22: Normale verdeling.....	Bijlage 8
Tabel 23: Scenario kapitaalkost 4%.....	Bijlage 13
Tabel 24: Scenario kapitaalkost 5%.....	Bijlage 13
Tabel 25: Scenario kapitaalkost 6%.....	Bijlage 13
Tabel 26: Scenario kapitaalkost 7%.....	Bijlage 13
Tabel 27: Scenario kapitaalkost 8%.....	Bijlage 13
Tabel 28: Vergelijking totale logistieke kost (1,21 EUR/km)	Bijlage 14
Tabel 29: Vergelijking totale logistieke kost (1,81 EUR/km)	Bijlage 14
Tabel 30: Vergelijking totale logistieke kost (2,42 EUR/km)	Bijlage 14

Lijst van de figuren

Figuur 1: Afweging van transport- en voorraadkost.....	- 13 -
Figuur 2: Kosten extern logistiek proces.....	- 14 -
Figuur 3: Kosten intermodaal logistiek proces	- 17 -
Figuur 4: Overzicht Wereldwijde Logistieke Kosten	- 60 -
Figuur 5: Voorraadniveau als functie van de tijd voor het basis EOQ model	- 65 -
Figuur 6: Voorraadniveau als een functie van de tijd voor het EOQ-model met geplande tekorten....	- 71 -
Figuur 7: Normale verdeling met gemiddelde μ en variantie σ^2	- 74 -
Figuur 8: Organogram Vandersanden.....	- 82 -
Figuur 9: Zones in Noord-Frankrijk waar door Vandersanden wordt geleverd	- 85 -
Figuur 10: Kostencomponenten alternatief via het wegvervoer	- 94 -
Figuur 11: Kostencomponenten alternatief binnenvaart	- 95 -
Figuur 12: Multimodale traject Vandersanden Lanklaar - Menen.....	- 108 -
Figuur 13: Belangrijke kostencomponenten multimodaal alternatief.....	- 108 -
Figuur 14: Aandeel kostencomponenten nationaal wegtransport	Bijlage 1
Figuur 15: Aandeel kostencomponenten containerbinnenvaart.....	Bijlage 2
Figuur 16: Aandeel kostencomponenten nationaal spoorgoederenvervoer.....	Bijlage 3
Figuur 17: Vergelijking van twee voorraadpolitieken (productieschema's) voor het voorbeeld uit de vliegtuigsector besproken in bijlage 7	Bijlage 6
Figuur 18: The inventory levels that result from one sample production schedule for the airplane example	Bijlage 7
Figuur 19: Alternative production schedules when production is required at the beginning of period 3 for the airplane example	Bijlage 7
Figuur 20: Containerschip	Bijlage 9
Figuur 21: Duwstel.....	Bijlage 9
Figuur 22: Kempenaar.....	Bijlage 9
Figuur 23: Kruiplijn Coasters	Bijlage 9
Figuur 24: Roro-schip	Bijlage 9
Figuur 25: Spits.....	Bijlage 9
Figuur 26: Roll-on/roll-off met rijbrug	Bijlage 9
Figuur 27: Roll-on/roll-off met rijbrug	Bijlage 9
Figuur 28: Roll-on/roll-off met rijbrug	Bijlage 9
Figuur 29: Roll-on/roll-off met rijbrug	Bijlage 9
Figuur 30: Roll-on/roll-off met rijbrug	Bijlage 9
Figuur 31: Proportionele relatie met economische bestelhoeveelheid Q	Bijlage 10
Figuur 32: Exponentiële relatie met economische bestelhoeveelheid Q.....	Bijlage 10

Figuur 33: Inverse relatie met economische bestelhoeveelheid Q	Bijlage 10
Figuur 34: Discrete relatie met economische bestelhoeveelheid Q	Bijlage 10
Figuur 35: Vestigingen Vandersanden in België en Noord-Frankrijk	Bijlage 11
Figuur 36: Vestigingen Vandersanden in Nederland	Bijlage 11
Figuur 37: Landkaart België met aanduiding ligging Menen en Lanklaar	Bijlage 16
Figuur 38: Laden van bakstenen te Lanklaar voor proefvaart.....	Bijlage 17
Figuur 39: Gedeeltelijk geladen schip.....	Bijlage 17

Hoofdstuk I: Inleiding

In dit hoofdstuk wordt een algemeen beeld geschetst van het belang van logistiek en de vervoerswijzekeuze voor bedrijven. Verder worden ook beknopt mogelijke problemen aangegeven welke zich kunnen voordoen bij de vervoerswijzekeuze.

1.1 Belang logistiek

De laatste jaren is er in de bedrijfswereld een trend waarneembaar van globalisering en toenemende internationale concurrentie. De wereldmarkten worden steeds beter bereikbaar, onder meer door het openstellen van de grenzen en de uitbreiding van de Europese Unie. Handelsbarrières worden meer en meer weggenomen, waardoor de concurrentie alleen maar heviger wordt. Bedrijven gaan op alsmaar grotere schaal opereren, deels omdat de steeds beter wordende transportinfrastructuur een uitbreiding over de landsgrenzen heen niet meer in de weg staat. Het wordt echter steeds moeilijker om op het gebied van arbeidsproductiviteit en kwaliteit beter te blijven presteren dan de concurrentie. De concurrentie blijft ook niet bij de pakken zitten en wil eveneens een competitief voordeel behalen. De laatste jaren heeft er zich volgens Blauwens et al. (2004) een nieuw front geopend, waar de concurrentiestrijd steeds meer en meer zal beslecht worden. Bedrijven hebben ontdekt dat ze een competitief voordeel kunnen behalen op het vlak van de logistiek. Onder logistiek verstaan de auteurs "de hele keten die vertrekt bij de vindplaats van de grondstoffen en pas eindigt op de plaats waar de finale producten verbruikt worden". In heel die keten, met kosten van transport, opslag, goederenbehandeling, communicatie en administratie, zijn concurrentievoordelen te realiseren, die beslissend kunnen zijn (Blauwens et al., 2004).

1.2 Belang vervoerswijzekeuze voor bedrijven

De logistieke kosten nemen, volgens Blauwens et al. (2004), zeer sterk toe. Deze auteurs geven aan dat men een tiental jaar geleden voor traditionele producten kon schatten dat transport, opslag en andere logistieke kosten ongeveer tien procent uitmaakten van de totale kostprijs van producten. In tussentijd is deze kostprijs, volgens Blauwens et al. (2004), opgelopen en hij zal in de toekomst waarschijnlijk nog aanzienlijk stijgen. De economie groeit hoofdzakelijk in dure, technologische producten. Voor deze producten gaat innovatie bijzonder snel, zodat voorraden ook grote risico's van ontwaarding dragen. Voorraadkosten worden aanzienlijk groter. Zij zullen de logistieke kostprijs sterk opdrijven. (Blauwens et al., 2004) Onder meer hierdoor zijn verladers¹ continu op zoek naar manieren om hun logistieke kosten onder controle te krijgen en zelfs te reduceren. Een belangrijk aspect hierin is ongetwijfeld de vervoerswijzekeuze. Wanneer een

¹ Verlader : Eigenaar of beheerder van lading die opdracht geeft tot vervoer. (Nieuwsblad Transport, 2006)

onderneming de vervoerswijze kiest, die de laagste totale logistieke kosten heeft, kan het bedrijf een concurrentieel voordeel behalen. Bij de vervoerswijzekeuze moet men echter vaak wel een afweging maken tussen bijvoorbeeld een snel vervoermiddel met een iets hogere transportkost en een trager vervoermiddel met een lagere transportkost. Dit laatste hangt vooral samen met het soort goederen dat wordt getransporteerd.

Uit een gesprek met de heer Vannieuwenhuyse kwam naar voor dat de evolutie op het gebied van de vervoerswijzekeuze echter ook bekeken kan worden vanuit het standpunt van de voorraadreductie die zich de laatste jaren sterk aftekent. De Just-in-Time (JIT) filosofie, die vanuit Japan naar onze streken kwam overgewaaid, is hier een duidelijke indicatie van. JIT betekent, volgens Chase et al. (2006), dat men enkel produceert hetgeen nodig is en op het moment dat het nodig is. Alles wat het absolute minimum overschrijdt, wordt aanzien als verspilling omdat inspanning en materiaal gebruikt werden om iets te maken wat niet nodig was en wat niet gebruikt kan worden direct na de productie. Dit staat in schril contrast met het vertrouwen op een extra voorraad voor het geval er iets mis zou gaan. (Chase et al., 2006)

Tijdens hetzelfde gesprek met de heer Vannieuwenhuyse kwam naar voor dat veel geredeneerd wordt dat alle voorraden moeten dalen. Deze vormen toch enkel buffers die alleen nodig zijn omwille van het feit dat de processen niet optimaal werken en niet perfect gesynchroniseerd zijn. Vandaar de steeds grotere nadruk op voorraadreductie. Hierdoor kreeg men echter te kampen met het effect dat een aantal andere processen hieronder begonnen te lijden. Eén van deze processen was het transportproces. Wanneer een bedrijf geen buffers meer aanlegt, moet het ervoor zorgen dat het transportproces zeer betrouwbaar en snel verloopt. Het is daarom niet noodzakelijk een JIT-proces, maar men moet er wel zorg voor dragen dat er snel geleverd kan worden vermits dat minder voorraden vereist. Dit transportgegeven wordt echter meestal onderdrukt. Het transport was en is nog steeds relatief goedkoop. Hierdoor lag de prioriteit op voorraadreductie en niet op de transportoptimalisatie. Het is pas sedert de laatste decennia dat men voorraadreductie en transportkosten samen in overweging is gaan nemen. Baumol en Vinod waren in de jaren zeventig op dat vlak pioniers in de academische wereld. Dit is echter pas concreet geworden bij het gebruik van de totale logistieke kost. Hierbij maakt een onderneming een afweging tussen de transportkosten, de voorraadkosten en een aantal andere kosten. In vergelijking met een tiental jaar geleden bekijkt men dit alles nu wat ruimer. Het is niet louter een kostenverhaal meer. Ook *customer service* is belangrijk geworden en wanneer men geen voorraden aanlegt, is flexibiliteit moeilijk of zelfs onmogelijk waardoor er vaak niet kan voldaan worden aan de wijzigende wensen van de klant.

1.3 Problemen bij vervoerswijzekeuze

Uit onderzoek, uitgevoerd door het Vlaams Instituut voor de Logistiek (VIL), is gebleken dat verladers onvoldoende inzicht hebben in de totale logistieke kosten van de vervoersoplossingen en dat ze beslissingsondersteunende hulpmiddelen nodig hebben bij het bepalen van de optimale vervoerswijze. Marktactoren blijken onvoldoende op de hoogte van de exacte transportkosten voor de huidige vervoerswijze of -modus, laat staan dat een inschatting gemaakt kan worden van de vervoerskosten gerelateerd aan alternatieve modi. Daarenboven hebben ze onvoldoende inzicht in de overige (kosten)factoren die in rekening gebracht moeten worden bij het kiezen van de geschikte modus. Door dit gebrekkige inzicht, beperken transportbesparingen zich dan ook dikwijls tot het verhogen van de transportefficiëntie. Een daaropvolgende belangrijke stap in het optimaliseren van het transport binnen een bedrijf is het kiezen van de geschikte *modal split*². (Vannieuwenhuyse en Misschaert, 2006)

² Voor meer uitleg over modal split wordt verwezen naar paragraaf 2.2.3

Hoofdstuk II: Omschrijving onderzoekopzet

Naast een omschrijving en situering van het praktijkprobleem, wordt in dit deel ingegaan op de centrale onderzoeksvraag en mogelijke deelvragen. Daarna volgt een gedeelte met de definiëring van een aantal relevante begrippen.

2.1 Probleemstelling

2.1.1 Praktijkprobleem: omschrijving en situering

Goederentransport is onmisbaar in de hedendaagse economie. Een belangrijke keuze die bij het vervoer van goederen gemaakt moet worden, is deze van de vervoerswijze. Volgens Vannieuwenhuyse en Misschaert (2006) is deze keuze vaak enkel gebaseerd op de directe transportkost. In dat geval kan er geen sprake zijn van logistieke optimalisatie. Om te komen tot een logistieke optimalisatie is het immers vereist dat men rekening houdt met de totale logistieke kost. Bij een optimalisatie op basis van de totale logistieke kost wordt het transport geïntegreerd in het logistieke proces. Dit heeft meestal een efficiëntieverhoging van het volledige logistieke proces tot gevolg.

Verladers zijn er zich meer en meer van bewust dat ze op zoek moeten gaan naar manieren om de logistieke kosten onder controle te houden of zelfs te reduceren. Dit wordt onder meer veroorzaakt door de steeds toenemende concurrentie, de alomtegenwoordige globalisering en het feit dat de logistieke kosten een steeds groter gedeelte van de totale productkost gaan uitmaken. (Vannieuwenhuyse en Misschaert, 2006)

Bovenvermelde redenen zetten verladers aan om meer aandacht te schenken aan de vervoerswijzekeuze. Uit onderzoek, uitgevoerd door het Vlaams Instituut voor de Logistiek (VIL), is gebleken dat verladers aangeven dat ze onvoldoende inzicht hebben in de totale logistieke kosten van de verschillende vervoersoplossingen. Hetzelfde onderzoek heeft aangetoond dat de logistieke wereld nood heeft aan een kostenstructuur voor de totale logistieke kost. Verladers hebben behoefte aan instrumenten om de transportkeuze in een ruimer logistiek perspectief te kunnen plaatsen. Vandaar dat ze op zoek zijn naar beslissingsondersteunende hulpmiddelen die hen helpen bij het bepalen van de optimale vervoerswijze.

Het Vlaams Instituut voor de Logistiek (verderop in deze eindverhandeling aangeduid met de afkorting VIL) wil in de toekomst meer inzicht scheppen in de totale logistieke kost. Het VIL heeft daarom een gebruiksvriendelijk, beslissingsondersteunend instrument uitgewerkt voor de berekening van de totale logistieke kost. Het doel van dit instrument is om bedrijven te ondersteunen bij het bepalen van de meest geschikte *modal split* door middel van een berekening van hun totale logistieke kost. (Vannieuwenhuyse en Misschaert, 2006)

Deze eindverhandeling heeft onder meer als doel een duidelijker inzicht te scheppen in de totale logistieke kosten van de verschillende vervoersmodi. Tevens wordt getracht om het beslissingsondersteunende model, dat het VIL reeds heeft uitgewerkt, verder te valideren en kritisch te beoordelen. Voor deze validatie zal, in de mate van het mogelijke, het model getoetst worden aan de praktijk door het toe te passen op of te vergelijken met bepaalde praktijksituaties. Hiervoor wordt in hoofdstuk 8 een gevalstudie van Steenfabrieken Vandersanden uitgewerkt. Verder wordt de in het model gebruikte werkwijze ook vergeleken met de werkwijze die reeds door andere auteurs werd toegepast. Na deze validatie worden, waar nodig, aanbevelingen gegeven of aspecten verder uitgewerkt waaraan voorlopig nog weinig of geen aandacht is besteed.

2.1.2 Centrale onderzoeksvraag en deelvragen

In de logistieke literatuur (o.a. door Vannieuwenhuysen en Misschaert (2006), Vernimmen (2004), Van Mierlo en Macharis (2005) en Paelinck (2002)) werd de problematiek van de modale keuze de laatste jaren onderzocht. Hierdoor zijn er verscheidene modellen terug te vinden voor de vraag naar het goederenvervoer. Sommige van deze modellen analyseren de vervoerswijzekeuze vanuit het standpunt van de totale logistieke kosten. Bij dit soort modellen houdt men bij de vervoerswijzekeuze expliciet rekening met alle kosten binnen de logistieke keten die door deze keuze worden beïnvloed. Baumol en Vinod introduceerden als eerste in de jaren zeventig deze aanpak voor de vervoerswijzekeuze. Zij haalden transportkosten, snelheid en betrouwbaarheid aan als beslissende factoren bij de modale keuze.

Er zijn echter nog andere criteria terug te vinden waarmee verladers rekening houden bij de vervoerswijzekeuze. Zo maakt de literatuur (o.a. Vannieuwenhuysen en Misschaert (2006), Vernimmen (2004) en Beuthe et al. (2003)) onder meer melding van criteria als veiligheid, flexibiliteit, frequentie, maatschappelijk imago, regulering of wetgeving, dichtheid van het netwerk, capaciteit en overwegingen van strategische aard. Deze factoren zijn vaak moeilijk uit te drukken in monetaire termen, waardoor er vaak te weinig aandacht aan wordt geschonken bij beslissingen betreffende de vervoerswijzekeuze.

Omdat verladers niet altijd een duidelijk zicht hebben op alle criteria die deel uitmaken van de totale logistieke kosten, worden in hoofdstuk 3 van deze eindverhandeling de volgende vragen onderzocht:

- ✓ Welke componenten maken deel uit van de totale logistieke kosten? Wat is hun relevantie?

Het antwoord op deze vragen heeft als doel de verladers meer inzicht te geven in de totale logistieke kosten van de verschillende vervoersmodi. Hierdoor kunnen verladers in de toekomst meer gefundeerde beslissingen nemen wat betreft de vervoerswijzekeuze, waardoor ze op concurrentieel gebied beter kunnen scoren dan in het verleden.

In het belangrijkste deel van deze eindverhandeling, meer bepaald in hoofdstukken 5, 6, 7 en 8, wordt de validiteit nagegaan van het beslissingsondersteunend instrument dat het VIL reeds heeft uitgewerkt. Hierbij wordt getracht een antwoord te geven op de volgende centrale onderzoeksvraag:

Zijn er componenten die verder uitgewerkt of opgenomen dienen te worden in een volgende versie van het beslissingsondersteunend model van het VIL en hoe kan dit verwezenlijkt worden?

Enkele deelvragen die hierbij onderzocht worden zijn:

- ✓ Welke componenten werden reeds opgenomen in het beslissingsondersteunend model van het VIL en op welke manier werd dit gedaan?
- ✓ Wat werd er in de logistieke literatuur reeds geschreven over de componenten die opgenomen werden in het model van het VIL?

Om een antwoord te vinden op deze laatste vraag, zoekt deze eindverhandeling een antwoord op de volgende deelvragen:

- ✓ Wat zijn de overeenkomsten en de verschillen tussen het beslissingsondersteunend model van het VIL en de literatuur?
- ✓ Zijn er componenten die in de literatuur ter sprake komen en die niet, onvoldoende of op een andere manier werden opgenomen in het beslissingsondersteunend model van het VIL?

Voor de kritische aanbevelingen voor de verdere uitwerking van het beslissingsondersteunend model, tracht deze eindverhandeling een antwoord te geven op volgende vragen:

- ✓ Welke componenten zijn relevant om extra op te nemen in het beslissingsondersteunend model?
- ✓ Wat zijn de mogelijkheden om deze componenten op te nemen of verder uit te werken in het model?

Op al de hierboven vermelde vragen zal in deze eindverhandeling een antwoord gezocht worden. Dit zal gebeuren op basis van literatuur die over multimodaal goederenvervoer en/of de totale logistieke kost handelt. De resultaten hiervan zijn voornamelijk terug te vinden in de hoofdstukken 5, 6 en 7. Verder wordt er ook een praktijkstudie uitgevoerd in hoofdstuk 8 om de theorie te toetsen aan de praktijk.

2.2 Definiëring van enkele relevante begrippen

In dit deel van deze eindverhandeling volgt wat meer uitleg bij een aantal begrippen en aspecten die verderop aan bod komen. Het is niet de bedoeling om alle begrippen tot in detail uit te leggen, doch de belangrijkste begrippen worden aangehaald. Dit wordt gedaan om de lezer die niet zo vertrouwd is met het onderwerp, te ondersteunen bij het lezen van de rest van dit werk.

2.2.1 Transportalternatieven

De globalisering en de uitbreiding van de Europese Unie zorgen ervoor dat goederenvervoer onmisbaar is geworden in de huidige economische samenleving. Goederen worden geëxporteerd en geïmporteerd, waardoor het noodzakelijk is om te voorzien in het geschikte transport van deze goederen. Om de keuze te maken tussen de verschillende vervoersmiddelen of -modi is het belangrijk dat men weet welke de verschillende alternatieven zijn. Zo zijn er alternatieven voor het vervoer via het water, door de lucht en over het land. De modi die in de logistieke literatuur (bijvoorbeeld in Muller (1995)) het meest ter sprake komen zijn, wat betreft het vervoer over het water: oceaanschepen, kustschepen voor Shortsea Shipping³ en binnenvaartschepen. Blauwens et al. (1996) geven tank- en ertsschepen (ook wel bulkcarriers genoemd) als voorbeelden voor het transport van massa-, stort- of bulkgoederen zoals ertsen, kolen, meststoffen, ruwe aardolie en petroleumproducten. Op het vlak van het luchtvervoer gaat het voornamelijk over vrachtvliegtuigen. Vervoer over het land is dan weer mogelijk via onder andere vrachtwagens, goederentreinen en pijpleidingen.

2.2.2 Intermodaliteit en multimodaliteit

Vannieuwenhuysse en Misschaert (2005) halen aan dat de termen intermodaal vervoer, multimodaal vervoer en gecombineerd vervoer vaak door elkaar worden gebruikt. Het verschil tussen deze drie begrippen heeft betrekking op de transportintegratie. Bij **multimodaal goederenvervoer** wordt de transportketen door de verlader opgevat als een opeenvolging van op zichzelf staande vervoersdiensten. Dit is niet het geval bij **intermodaal goederenvervoer**, waar de keten van verschillende unimodale diensten als één vervoersdienst wordt opgevat. De ladingeenheid wordt van de ene modus op de andere geladen zonder bijkomende bewerkingen op de goederen. (Vannieuwenhuysse en Misschaert, 2005) Verder is er sprake van **gecombineerd vervoer** wanneer "het grootste deel van het traject afgelegd wordt per spoor, kust- of binnenvaart en waarbij het aanvullende voor- of natransport over de weg zo kort mogelijk is". (CEMT definitie geciteerd door Macharis en Verbeke, 1999:9) Bontekoning (2001), geciteerd door Vannieuwenhuysse (2004:236), definieert intermodaal vervoer als "die wijze van vervoer waarbij meer dan één transportmodus wordt betrokken en waarbij tussenin geen waarde toevoegende

³ Voor een definitie van Shortsea Shipping wordt verwezen naar paragraaf 2.2.3

handelingen worden doorgevoerd. De transporteenheid (bijv. container) blijft gedurende de intermodale trip dezelfde”.

Volgens de CEMT (Conferentie van Europese Ministers van Transport) wordt onder intermodaal vervoer verstaan “het vervoer van ge-unitiseerde vracht via meer dan één vervoersmodaliteit, waarbij de goederen zelf tijdens de overslag niet worden behandeld.” De Task Force Transport Intermodality van de EU definieert intermodaal transport als volgt: “een transportsysteem dat verschillende transportmodi combineert en integreert teneinde gebruikersgerichte deur-tot-deur diensten aan te bieden.” (Macharis en Verbeke, 1999)

Ook Blauwens en Witlox (2002) halen aan dat multimodaal vervoer verschilt van intermodaal vervoer of gecombineerd vervoer. Multimodaal vervoer betreft volgens hen het vervoer met meerdere modaliteiten (of modi) waarbij niet noodzakelijk van één en dezelfde laadeenheid gebruik wordt gemaakt. De kansen op succes zijn bijgevolg afhankelijk van de mogelijkheden om tot een synergie tussen de modi te komen. Verder vermelden deze auteurs nog dat ze vaststellen dat de begrippen multimodaal, intermodaal en gecombineerd vervoer vrij door elkaar gehanteerd worden om aan te geven dat een transport van goederen plaatsvindt of plaats heeft gevonden door middel van twee of meerdere modi (vrachtwagen, trein, binnenvaart, shortsea, etc.), terwijl het toch drie verschillende begrippen zijn.

Zoals uit het bovenstaande blijkt, worden de termen intermodaal, multimodaal en gecombineerd vervoer vaak door elkaar gebruikt. Hoewel men niet altijd een onderscheid maakt tussen deze termen, blijkt uit de definities dat men niet altijd hetzelfde probeert aan te geven. In deze eindverhandeling zal gebruik gemaakt worden van de definities van Vannieuwenhuyse en Misschaert (2005) en de definitie van het CEMT. Deze definities werden hierboven in het vet aangeduid.

2.2.3 Modal split

De vervoermiddelen waarvan de verladers of de logistieke dienstverleners gebruik kunnen maken, hebben elk hun eigen voor- en nadelen. Vandaar dat de ene vervoerswijze aantrekkelijker is dan de andere. De huidige modal split (of de modaliteitskeuze van de vervoerder) van de klassieke vervoerswijzen wordt onder meer behandeld door Macharis en Verbeke (1999 en 2004). De stand van zaken, zoals zij die weergeven, is terug te vinden in tabel 1.

Tabel 1: Modal split en evolutie van goederenvervoer in ton-km

	Weg	Spoor	Binnenvaart	Pijpleiding	Totaal
Modal Split EU (2000)	74%	14%	7%	5%	100%
Modal Split België (2000)	68%	16%	13%	3%	100%
Evolutie EU (1990-2000)	+ 34%	+6%	+18%	+8%	+29%
Evolutie België (1990-2000)	+ 23%	-6%	+21%	+45%	+19%

Bron: Vlaams Instituut voor de Logistiek vzw (2006)

Tabel 2: Modal split EU-15 (2001)

	Weg	Spoor	Binnen- vaart	Pijpleiding	Shortsea Shipping	Totaal
Modal Split EU (2001) (in 1000 miljoen tkm) Bron: Macharis en Verbeke, 2004	1.395	242	125	87	1.254	3.102
Modal Split EU (2001)	75,4%	13,1%	6,8%	4,7%	(67,8%)	100% (167,8%)
Evolutie EU (1990-2000)	+ 34%	+6%	+18%	+8%	+27,32%	+29%
Evolutie EU (2000-2001)	+1,2%	-3,2%	Geen wijziging	+2,4%	-1,3%	-0,2%

Bron: Macharis en Verbeke, 2004 (met eigen aanvullingen)

Zoals uit bovenstaande gegevens blijkt, is het goederenvervoer in de EU op tien jaar tijd ongeveer 29 procent gestegen. Voor België bedroeg deze stijging tijdens dezelfde periode 19 procent. In de EU werd deze stijging vooral veroorzaakt door een stijging van het vervoer over de weg en Shortsea Shipping (SSS). Shortsea Shipping (2006) definieert dit begrip als volgt: "Het omvat het vervoer te water van goederen of passagiers over een traject dat ten minste voor een deel uit zee of oceaan bestaat, maar waarbij de oceaan niet wordt gekruist. Het gebied waarbinnen SSS zich afspeelt, is uitgebreid en gaat van de Baltische Staten, over Scandinavië en IJsland, via het Verenigd Koninkrijk en West-Europa, naar het Iberisch Schiereiland en de gehele Middellandse Zee (inclusief Noord-Afrika en de Zwarte Zee). Een nieuwe dynamische naam en een veel uitgebreider territorium dan de vroegere 'kustvaart'. De Europese Unie en vooral het Europees Parlement en de Europese Commissie geven hun volle steun aan de promotie van SSS."

Uit de tabel blijkt eveneens dat het gebruik van de verschillende vervoerswijzen evolueert. Een verschuiving in het voordeel van één modus, heeft tot gevolg dat men minder gebruik zal maken van de andere modi, wanneer men eenzelfde hoeveelheid goederen moet vervoeren. Deze verschuiving naar een andere modus is het gevolg van de vervoerswijzekeuze. Om deze keuze optimaal te laten verlopen, is het belangrijk dat men over de juiste gegevens beschikt om tot de juiste beslissing te komen.

Studies uitgevoerd door het VIL (Vannieuwenhuyse en Misschaert, 2006) hebben aangetoond dat de keuze van de meest geschikte vervoersoplossing in veel gevallen uitsluitend wordt gebaseerd op de directe transportkost. Bijgevolg is men meestal ver verwijderd van een totale logistieke optimalisatie. Een optimalisatie, waarbij transport geïntegreerd wordt in het logistieke proces, leidt ongetwijfeld tot een efficiëntieverhoging van het volledige logistieke proces. In die zin wordt vanuit de logistieke wereld sterk de nood onderkend aan een kostenstructuur voor deze totale logistieke kost.

2.2.4 Verkeer, vervoer en transport

Sommige auteurs (o.a. Blauwens et al., 1996; Van Mierlo en Macharis, 2005; en Veelenturf en Higler, 1998) maken een duidelijk onderscheid tussen de termen transport, vervoer en verkeer. Zo omschrijven Veelenturf en Higler (1998) deze begrippen. Zij schrijven dat het begrip transport vaak gebruikt wordt als synoniem voor vervoer en ook wel voor het begrip verkeer. Om een onderscheid te maken tussen deze begrippen geven de auteurs volgende definities: Vervoer is "het verplaatsen van goederen naar een volgende bestemming". Dit heeft dus betrekking op de feitelijke verplaatsing. Overigens valt ook de verplaatsing van personen onder het begrip vervoer. Transport is "het totaal van activiteiten op het gebied van vervoer, opslag en informatie bij het verplaatsen van goederen en producten van oorsprong tot bestemming". Dit begrip omvat dus duidelijk meer, namelijk de gehele organisatie rond de feitelijke verplaatsingen, inclusief de tussentijdse opslag en de bijbehorende informatiestroom. Verkeer is een nog uitgebreider begrip en heeft betrekking op het gehele systeem dat deze verplaatsingen mogelijk maakt, inclusief de noodzakelijke infrastructuur (wegen, vliegvelden, havens), alsook de verplaatsingsmiddelen. Strikt genomen omvat het begrip verkeer tevens de verplaatste goederen of personen zelf. (Veelenturf en Higler, 1998)

Veelenturf en Higler (1998) zeggen dat het niet altijd mogelijk zal zijn deze begrippen in het dagelijkse gebruik strikt te scheiden. Volgens hen is het echter wel goed deze definities in het achterhoofd te houden.

Omdat er meestal geen eenduidige definitie is voor vervoer, verkeer en transport wordt in de rest van deze eindverhandeling de volgende gedachtegang gevolgd: Vervoer is zoals Veelenturf en Higler (1998) aangeven het verplaatsen van goederen naar een volgende bestemming. Tijdens een

gesprek met de heer Vannieuwenhuyse werd duidelijk dat dit dus eerder bekeken is vanuit de logistieke invalshoek. Om goederen te verplaatsen zijn er echter transportmiddelen nodig. Vandaar dat er nood is aan transport. Er wordt als het ware transport gegenereerd. Wanneer men het transport benut, wordt er gebruik gemaakt van het infrastructuurnetwerk. Daar komt men in contact met andere gebruikers die samen het verkeer vormen. Alles hangt er ook vanaf vanuit welk perspectief er naar de situatie gekeken wordt. Wanneer men een vrachtwagen ziet rijden, kan men zeggen dat het transport is en dat de vrachtwagen zich mengt in het verkeer. Maar men kan het ook bekijken vanuit het standpunt van de goederen en dan wordt er gesproken over het vervoer van goederen.

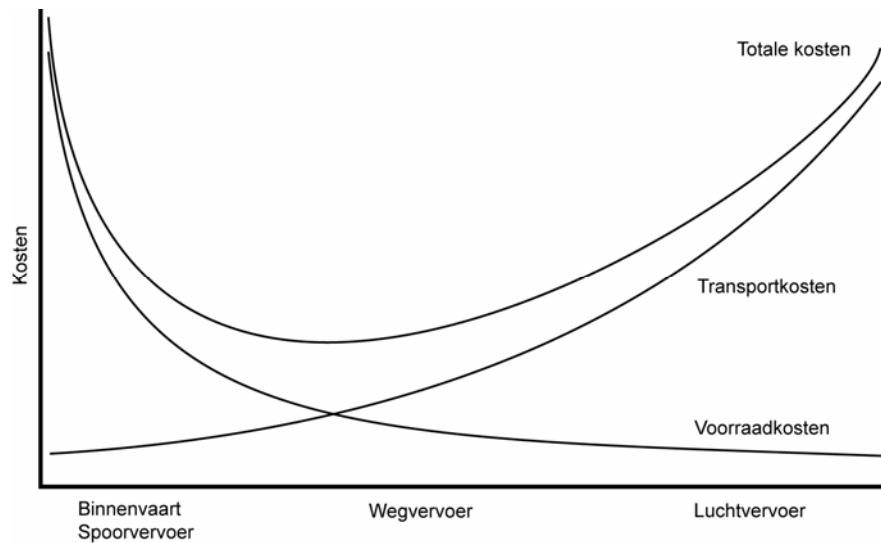
Hoofdstuk III: De totale logistieke kost en zijn componenten

In dit hoofdstuk wordt de aandacht gevestigd op het belang van de totale logistieke kost. Verder wordt aangegeven welke componenten vervat zitten in de totale logistieke kost. Het belang van elk van deze componenten zal in dit hoofdstuk eveneens beknopt worden toegelicht.

3.1 Belang van de totale logistieke kost

Bij het doornemen van de literatuur over multimodaal vervoer valt het op dat veel auteurs, die schrijven over het bepalen van de optimale vervoerswijze (o.a. Vernimmen (2004), Witlox en Vernimmen (2003), Baumol en Vinod (1970) en Vannieuwenhuyse (2002)), het hebben over de totale logistieke kost en zijn componenten. Dit is echter niet te verwonderen vermits de strijd om de concurrentie in de hedendaagse wereld alsmaar toeneemt. Hierdoor zijn bedrijven steeds meer aandacht gaan besteden aan manieren om hun kosten te verlagen, wat zich op zijn beurt kan weerspiegelen in lagere prijzen en wat een concurrentievoordeel kan opleveren.

Door de gestegen aandacht voor kosten, zijn ook de logistieke kosten meer en meer in de belangstelling gekomen. Logistieke dienstverleners proberen deze kosten zo laag mogelijk te houden, terwijl ze toch een zeker niveau van service en kwaliteit aan de consument wensen aan te bieden. Dit was vroeger echter niet altijd het geval. Volgens Vannieuwenhuyse en Misschaert (2006) werden vroeger, en soms zelfs nog tot op de dag van vandaag, beslissingen in de transportlogistiek herleid tot de beslissing betreffende het reduceren van de directe transportkost, inclusief de overslagkost. In 1970 werd vanuit academische hoek deze gedachtegang door Baumol en Vinod opengetrokken naar de totale logistieke kost. Aanvankelijk lag de focus echter op het afwegen van transport- en voorraadkosten. (Vannieuwenhuyse en Misschaert, 2006)



Figuur 1: Afweging van transport- en voorraadkost

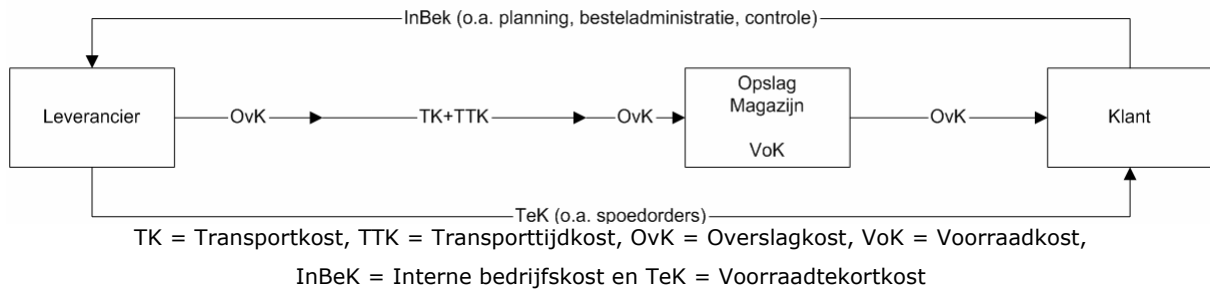
(Bron: overgenomen uit Ballou, 1999 door Vannieuwenhuyse en Misschaert, 2006)

Zoals uit bovenstaande figuur blijkt, is er een afruil (trade-off) tussen de transportkosten en de voorraadkosten. Wanneer bij deze benadering gekeken wordt vanuit het standpunt van lagere directe transportkosten wordt een trage vervoersmodus gekozen die grote hoeveelheden tegelijkertijd kan vervoeren, zoals de binnenvaart of het spoorvervoer. De voorraadkosten voor deze modi zullen relatief hoog zijn, omwille van de langere tijd die nodig is om de goederen te vervoeren en de grotere vervoerde hoeveelheid. Indien enkel gekeken wordt naar het optimaliseren van de voorraadkost, zijn snelle vervoersmodi met een beperkte vervoershoeveelheid, zoals het weg- en luchtvervoer, de beste keuze. Deze modi worden echter wel gekenmerkt door hogere transportkosten. Welke vervoersmodus uiteindelijk het goedkoopst is wat de totale kost betreft, hangt af van een aantal factoren, zoals onder andere de waarde van de goederen die vervoerd worden, de snelheid en de stiptheid van leveren van de verschillende modi en het jaarlijkse volume dat vervoerd moet worden. (Vannieuwenhuyse en Misschaert, 2006)

In de bedrijfswereld en de academische wereld groeide meer en meer het besef dat het begrip 'totale logistieke kost' meer is dan enkel een afweging tussen hoofdzakelijk transport- en voorraadkosten. Men realiseert zich dat ook andere kosten in de berekening moeten opgenomen worden. Hierbij zijn twee soorten te onderscheiden: enerzijds de kosten die betrekking hebben op de interne bedrijfsprocessen (o.a. proceskosten, kwaliteitsbewaking, administratieve handelingen en controle) en anderzijds de kwalitatieve aspecten van de logistieke oplossing (o.a. betrouwbaarheid, flexibiliteit, frequentie) (Vannieuwenhuyse en Misschaert, 2006)

Niet overal in de literatuur is er eensgezindheid over de componenten van de totale logistieke kost. De ene auteur somt minder elementen op dan de andere, hoewel de meeste elementen wel

overeenkomen met elkaar. Sommige auteurs die dezelfde componenten opnemen, nemen deze dan weer op een verschillende manier op, waardoor er toch niet altijd volledige consistentie is tussen de verschillende werkwijzen. Een meer uitgebreide bespreking hiervan is terug te vinden in hoofdstuk 5. Bij het VIL maakt de volgende schematische voorstelling van een extern logistiek proces dat een leverancier met zijn klant fysiek verbindt:



Figuur 2: Kosten extern logistiek proces

(Bron: Vannieuwenhuyse en Misschaert, 2006)

Bovenstaande figuur geeft aan dat de totale logistieke kost, volgens het VIL, opgebouwd is uit zes kostencomponenten. In de volgende paragraaf worden deze componenten elk afzonderlijk besproken.

3.2 Componenten van de totale logistieke kost

In deze paragraaf worden de bovenvermelde componenten van de totale logistieke kost van naderbij bekeken. Meer bepaald gaat het hier om de transportkosten, transporttijdkosten, overslagkosten, voorraadkosten en interne bedrijfskosten. Deze bespreking gebeurt aan de hand van de VIL-series "Totale logistieke kost – Beslissingsondersteunend bij de bepaling van de optimale modal split" en aan de hand van het "Event – Totale logistieke kost" dat georganiseerd werd door het VIL.

3.2.1 Transportkost (TK)

Onder transportkost wordt verstaan "de volledige, directe, *out-of-pocket* kost om goederen te vervoeren van de oorsprong (leverancier) naar de bestemming (klant)." Hierbij kan een onderscheid gemaakt worden tussen twee situaties:

- ✓ Het bedrijf voert het transport zelf uit. Het moet de volledige kost dan in rekening brengen voor de berekening van de totale logistieke kost.
- ✓ Het bedrijf besteedt het transport uit aan een derde partij. In dit geval brengt men de gefactureerde prijs in rekening. (Vannieuwenhuyse en Misschaert, 2006)

De transportkost is steeds afhankelijk van de afgelegde afstand en de benodigde tijd voor het transport. (Vannieuwenhuyse en Misschaert, 2006)

a) *Wegvervoer*

Om een duidelijk beeld te kunnen vormen van de kostencomponenten van de transportkost berekende het VIL het aandeel van de verschillende kostencomponenten van het nationaal wegvervoer berekend op basis van de maandelijkse kostprijsindices van februari 2006 van het Instituut voor Wegtransport (IWT). De indeling ziet er als volgt uit (grafiek zie bijlage 1):

Tabel 3: Componenten van de transportkost – wegvervoer

Rijdend personeel	41,90%
Brandstof	19,30%
Afschrijving voertuig	10,90%
Algemene onkosten	8,60%
Verzekering voertuig	5,30%
Financiering	4,50%
Herstelling, revisie, onderhoud	3,40%
Banden	3,00%
Overige directe voertuigkosten	2,00%
Verzekering, CMR ⁴ / uitbating	1,30%

Bron: Event – Totale logistieke kost

Tijdens het event over de totale logistieke kost kwam ter sprake dat er een evolutie te merken is in de directe transportkost van het wegvervoer. Zo is er sprake van technische verbeteringen aan het vervoersmateriaal, zoals een toename van de technische levensduur van het voertuig en de onderdelen, een afname in het brandstofverbruik en minder onderhoudskosten. Verder zijn er ook reistijdvertragingen door externe factoren (bijv. congestie, extra wachttijden, strenger overheidsbeleid) welke leiden tot hogere transportkosten. Ten slotte is er ook sprake van stijgende vervoersefficiëntie door bedrijfsinterne maatregelen. Deze leiden tot lagere transportkosten per vervoerde transporteenheid. Voorbeelden van de gestegen vervoersefficiëntie zijn een verhoogde beladingsgraad en een verkorting van de laad- en lostijden. (Event - Totale logistieke kost, 2006)

⁴ CMR staat voor 'Convention Relative au Contrat de Transport International de Marchandises par la Route'. Met andere woorden: een internationale overeenkomst waarin rechten en plichten zijn opgenomen van de bij het wegvervoer betrokken partijen: afzender, vervoerder en geadresseerde. (Kamer van Koophandel: Import en Export, vervoer over weg en spoor, 2006)

b) Binnenvaart

Wat betreft de transportkost voor de binnenvaart, ziet de indeling van de transportkosten er als volgt uit (grafiek zie bijlage 2):

Tabel 4: Componenten van de transportkost – binnenvaart

Personeel	41,40%
Binnenschip	16,60%
Brandstof	18,60%
Overige	23,40%

Bron: Event – Totale logistieke kost

Deze kostencomponenten werden samengesteld door het VIL op basis van een studie van de Europese Commissie Vervoer (2000). Het is duidelijk dat het relatieve aandeel van personeelskosten en brandstofkosten gelijkaardig is als bij het wegvervoer. De investering in een binnenschip is echter hoger dan deze in een vrachtwagen.

Net zoals bij de transportkost voor het wegvervoer, zijn er wat de binnenvaart betreft een aantal evoluties waar te nemen in de directe transportkosten. Zo is er sprake van een liberalisering van de binnenvaartsector sinds 1 december 1998. Dit heeft geleid tot een schaalvergroting van de schepen met als gevolg een daling van het aantal schepen, maar een stijging van het totale laadvermogen. De liberalisering leidde ook tot een toename van de semi-continue (18 uur per dag) en de continue vaart. Verder is er bij de binnenvaart ook sprake van een technische verbetering aan het vervoersmaterieel en de motoren. De vernieuwingen worden echter trager ingevoerd dan bij het wegvervoer. (Event - Totale logistieke kost, 2006)

c) Spoorvervoer

Als laatste werd door het VIL ook nog een indeling van de transportkost voor het spoorvervoer gemaakt. Deze ziet er als volgt uit (grafiek zie bijlage 3):

Tabel 5: Componenten van de transportkost – spoorvervoer

Personeel	26,00%
Locomotief (incl. onderhoud)	24,00%
Wagon (incl. onderhoud)	18,00%
Energie	16,00%
Overhead	9,00%
Infrastructuur	4,00%
Onvoorzien, risico opslag	3,00%

Bron: Event – Totale logistieke kost

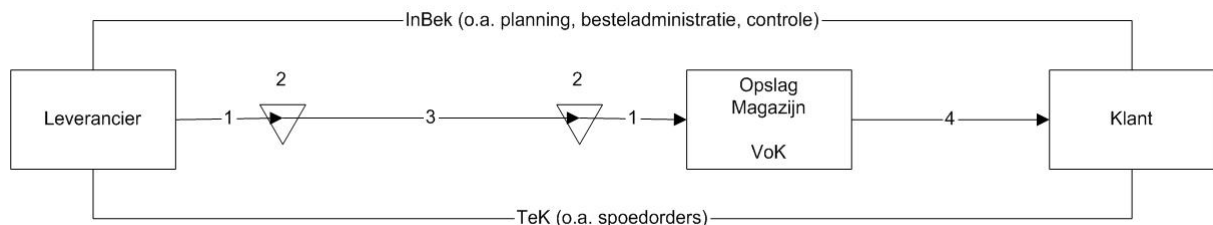
Uit bovenstaande gegevens blijkt duidelijk dat de investeringskost voor wagons en locomotieven procentueel veel hoger ligt dan de investering in transportmiddelen bij het weg- en

binnenvaartvervoer. Ook hier is er een evolutie te bespeuren wat betreft de directe transportkost in het spoorvervoer. Dit werd onder meer veroorzaakt door de liberalisering van de spoorwegmarkt. Een gevolg hiervan was de opsplitsing van de NMBS op 1 januari 2005.

3.2.2 Overslagkost (OvK)

De overslagkost is de kost om de lading te laden en te lossen. Hieronder wordt verstaan: de kosten voor het verpakken en uitpakken van de goederen (bijv. in en uit een container), het fysiek laden en lossen op de vervoersdrager (bijv. trailer bij wegvervoer) en het plaatsen in en nemen uit het magazijn. In het geval van intermodaal transport moet rekening gehouden worden met een extra overslag. (Event – Totale logistieke kost, 2006)

Schematisch ziet dit er als volgt uit:



Verklaring van de cijfers bij de figuur:

1. Voor- en natransport: wegtransport van en naar de terminal
2. Terminalbehandeling: overslagoperatie op de multimodale terminal
3. Hoofdtransport: hoofdtraject met een alternatieve modus
4. Intern transport: op het bedrijfsterrein naar de interne klant

Figuur 3: Kosten intermodaal logistiek proces

(Bron: Vannieuwenhuyse en Misschaert, 2006)

De kostenstructuur van de overslagkost is sterk afhankelijk van een vijftal factoren. Deze zijn: de aanschaf of de huur van de superstructuur (bijv. kranen en *reach stackers*⁵), de investering en financiering van de terminalinfrastructuur, de personeelskost voor arbeiders, bedienden en het management, de onderhouds- en herstellingskosten voor infra- en superstructuur en andere kosten zoals energie, verzekering, ICT en bureaumateriaal. (Event - Totale logistieke kost, 2006)

⁵ Een reach stacker is een heftoestel waarmee containers kunnen worden gestapeld of worden geladen of gelost op of van opleggers en spoorwagens. (SERV Webstek, 2006)

3.2.3 Transporttijdkost (TTK)

De transporttijdkost is "de kost die verbonden is aan het onderweg zijn van de goederen". Deze kost bestaat uit drie delen:

- ✓ kapitaalkost: de kost voor het kapitaal dat vervat zit in de getransporteerde goederen.
- ✓ bederfbaarheid: de kost ten gevolge van de vermindering in waarde of het bederf van de getransporteerde goederen.
- ✓ schade en verlies: de waarde van de goederen die tijdens het transport beschadigd raken of ontvreemd worden. (Event – Totale logistieke kost, 2006)

De transporttijdkosten worden uitgedrukt als het product van de waarde van de goederen, de tijdsduur dat de goederen onderweg zijn en een percentage dat de kost of het verlies per tijds- en waarde-eenheid uitdrukt. (Event – Totale logistieke kost, 2006)

3.2.4 Voorraadkost (VoK)

De voorraadkost kan gedefinieerd worden als "de kost verbonden aan het op voorraad houden van goederen". Twee belangrijke voorraadtypes zijn de cyclische voorraad en de veiligheidsvoorraad.

- ✓ Cyclische voorraad: "Het aanhouden van goederen in het magazijn omdat de leveringen in grotere (bestel)hoeveelheden op specifieke tijdstippen aankomen ten opzichte van een meer regelmatige vraag over de tijd." (Event – Totale logistieke kost, 2006) De kost van deze voorraad is afhankelijk van de voorraadkost per eenheid, de gemiddelde tijd tussen twee zendingen en de totaal getransporteerde hoeveelheid. (Vannieuwenhuyse en Misschaert, 2006)
- ✓ Veiligheidsvoorraad: De veiligheidsvoorraad dient om onverwachte schommelingen in zowel de werkelijke vraag als de totale levertijd op te vangen. De kost voor het aanhouden van een veiligheidsvoorraad is afhankelijk van het serviceniveau dat gewenst wordt. (Vannieuwenhuyse en Misschaert, 2006)

Vannieuwenhuyse en Misschaert (2006) vermelden ook nog dat er een tijdelijk tekort ontstaat wanneer de goederen omwille van zowel interne als externe factoren niet tijdig geleverd worden. Dit tekort zal kosten met zich meebrengen. Deze kosten worden de voorraadtekortkosten genoemd. Des te hoger het serviceniveau, des te hoger de veiligheidsvoorraad en bijgevolg des te lager de kans op een tekort. Een dergelijk tekort veroorzaakt uiteraard ook kosten (o.a. spoedorders, verlies van *goodwill* van de klanten, betalen van boetes, stilleggen van de productielijn, etc.). (Vannieuwenhuyse en Misschaert, 2006)

Volgens Vannieuwenhuyse en Misschaert (2006) bestaat de totale kostprijs om goederen in voorraad te houden uit intrest- of kapitaalkosten, risicokosten van de ontwaarding van goederen en magazijnkosten. Intrest- of kapitaalkosten zijn de kosten voor het kapitaal dat vervat zit in de

opgeslagen goederen. Meer bepaald gaat het hier om de intrest op de waarde van het goed. Onder risicokost verstaat men de ontwaarding van de goederen door drie soorten risico's, namelijk brand of diefstal (verzekering), fysisch bederf (natuurlijke aftakeling) en economische ontwaarding (afhankelijk van de gemiddelde levensduur van de producten). De magazijnkost is de kost om een eenheid van een goed gedurende één jaar op voorraad te houden. (Vannieuwenhuyse en Misschaert, 2006)

Het is opvallend dat de componenten van de voorraadkosten in grote mate dezelfde zijn als de componenten van de transporttijdkosten. Immers, wanneer goederen getransporteerd worden, kunnen ze ook beschouwd worden als zijnde in voorraad. Weliswaar is er dan sprake van voorraad op de weg en niet in het magazijn, maar dit brengt dezelfde kostencomponenten met zich mee als het in voorraad houden van goederen in een magazijn. Er dient wel opgemerkt te worden dat de risicokosten in beide gevallen niet noodzakelijk hetzelfde moeten zijn. Zo kan het zijn dat de risicokosten tijdens het transport groter zijn dan wanneer de goederen zich in het magazijn bevinden. (Vannieuwenhuyse en Misschaert, 2006)

3.2.5 Interne bedrijfskost (InBeK)

Onder de interne bedrijfskosten verstaan Vannieuwenhuyse en Misschaert (2006) "de jaarlijkse kosten voor interne bedrijfsprocessen die direct of indirect gerelateerd zijn aan de organisatie en de opvolging van het transport". Voorbeelden van deze kosten zijn douane-administratie, inklaring van goederen, transportplanning en -opvolging en de controle op het logistieke proces, bestel- en bevoorradingskosten, zoals het aanmaken, verwerken en opvolgen van transportbestellingen, het opstellen van contracten en leveranciersselectie en -evaluatie. Bij de bepaling van deze kosten moet men rekening houden met de afweging tussen de bestelkost, de transportkost en de voorraadkost. (Event – Totale logistieke kost, 2006)

3.3 Kwaliteitsattributen

Naast de kwantitatieve aspecten zijn er een aantal logistieke aspecten die moeilijker in geldwaarde uit te drukken zijn. Deze kwalitatieve elementen kunnen best wel in rekening gebracht worden bij logistieke beslissingen. Enkele voorbeelden van deze attributen zijn betrouwbaarheid, flexibiliteit, frequentie, veiligheid en imago. (Event – Totale logistieke kost, 2006)

In de tabel hieronder staan de relevante parameters van het transportsysteem. Het is belangrijk dat men hiermee rekening houdt bij het nemen van logistieke beslissingen. De kwalitatieve elementen zijn cursief weergegeven.

Tabel 6: Relevante parameters van het transportsysteem

<i>Betrouwbaarheid</i>	De mate dat men kan verzekeren op een (vooropgestelde) tijd ter bestemming te zijn.
Transportkost	De directe kost voor transport (incl. laden en lossen, overslagkosten).
Transporttijd	De tijd nodig voor het transport van deur tot deur.
<i>Frequentie</i>	Regelmaat van de aangeboden dienstverlening.
<i>Flexibiliteit</i>	Het gemak om zich aan te passen aan de veranderende wensen van de klant of aan de veranderenden omgevingsfactoren.
<i>Capaciteit</i>	De (netwerk) capaciteit die nog voor handen is voor de beschouwde vervoersmodus.
<i>Netwerkdichtheid</i>	De aanwezigheid van voldoende (alternatieve) links.
<i>Veiligheid</i>	Vermijden van kwaliteitsvermindering van de vracht door verlies, schade of diefstal.
Voorraadkost	Kosten voor het aanhouden van voorraad (o.a. veiligheidsvoorraad, gemiddelde voorraad in het magazijn).
<i>Imago</i>	Maatschappelijk bedrijfsimago op het vlak van onder andere milieu en veiligheid.
Bestelkosten	Jaarlijkse kost voor het aanmaken en het verwerken van de transportbestellingen (o.a. administratie).
<i>Regelgeving en wetgeving</i>	Geheel van de regels en verplichtingen voor de vervoersmodus.
<i>Strategische elementen</i>	Overwegingen van strategische aard.

Bron: Vannieuwenhuyse en Misschaert, 2006

Wat betreft de waardering van kwaliteitsattributen kan gezegd worden dat het zeer moeilijk is om deze attributen kwantitatief (m.a.w. in geldwaarde) uit te drukken. Een mogelijke oplossing hiervoor is het toekennen van gewichten aan de verschillende, zowel kwalitatieve als kwantitatieve, componenten (bijv. procentueel) en voor elke vervoersoplossing de verschillende componenten te waarderen (bijv. een schaal van 0 tot 10). Op deze manier kan een totaalscore berekend worden voor elke vervoersoplossing waardoor een beter zicht bekomen wordt over welk alternatief het beste is. In hoofdstuk 5 wordt het toekennen van scores aan kwalitatieve attributen nog verder besproken.

Hoofdstuk IV: Modellen omtrent modale keuze

In wat volgt wordt kort aangegeven welke modellen er reeds bestaan betreffende modale keuze in het goederenvervoer. Op één van deze modellen wordt daarna dieper in gegaan, waarbij ook aandacht geschonken aan de voordelen van dit model en de mogelijke problemen die zich kunnen voordoen.

4.1 Verschillende modellen

Bij het doornemen van de logistieke literatuur over modale keuze, blijkt al vlug dat er verschillende modellen zijn waarvan gebruik gemaakt wordt bij de keuze van de geschikte vervoersmodus. Enkele auteurs die verschillende modellen beschreven hebben, zijn Baumol en Vinod (1970), Cunningham (1982) en McGinnis (1989). Aangezien het niet de bedoeling is om in deze eindverhandeling de verschillende modellen tot in detail uit te leggen, werd geopteerd om de ideeën van slechts één auteur weer te geven met betrekking tot de modellen omtrent modale keuze. De keuze viel hiervoor op Cunningham (1982) omdat hij in zijn paper over analysetechnieken voor de vervoerswijzekeuze de verschillende modellen duidelijk bespreekt alsook de bruikbaarheid ervan aangeeft. De geïnteresseerde lezer kan meer informatie vinden in onder andere Baumol en Vinod (1970) en McGinnis (1989). In wat volgt wordt kort aangehaald welke modellen Cunningham (1982) bespreekt.

Vooreerst vermeldt Cunningham (1982) dat er vier domeinen zijn wat betreft de vervoerswijzekeuze:

- ✓ De *traditional approach*: deze benadering is gebaseerd op de kostenkarakteristieken van de verschillende modi.
- ✓ De *revealed preference approach*: hierbij wordt gebruik gemaakt van de geobserveerde verdeling van het transport over de modi.
- ✓ Het *behavioral model*: dit model bestudeert de effecten die de waarnemingen hebben op de beslissingnemer. Meer bepaald gaat het hier om de invloed van de waarnemingen betreffende de prestaties van de modus die de beslissingnemer kiest.
- ✓ Het *inventory-theoretic model*: dit model probeert een inschatting te maken van de modale keuze op basis van de totale kost voor het transport van het product (zowel voor de verzender als voor de ontvanger) van zijn oorsprong tot de bestemming.

De eerste twee benaderingen worden voornamelijk gebruikt om het competitieve raakvlak tussen de verschillende transportmodi te karakteriseren. Ze bieden ook enkele richtlijnen voor de evaluatie van beslissingen betreffende de vervoerswijzekeuze van verzenders. De laatste twee

modellen zijn algemene modellen die de vervoerswijzekeuze proberen te verklaren. (Cunningham, 1982)

Deze eindverhandeling handelt voornamelijk over het *inventory-theoretic* model. Vandaar dat in de rest van dit hoofdstuk enkel dieper wordt ingegaan op dit model. Voor de uiteenzetting over de drie andere modellen wordt de geïnteresseerde lezer verwezen naar Cunningham (1982).

4.2 Het *inventory-theoretic* model

Cunningham (1982) haalt bij zijn bespreking van het *inventory-theoretic* model de auteurs Baumol en Vinod aan. Zij waren de eerste om het *inventory-theoretic* model voor de vraag naar goederenvervoer voor te stellen in 1970. Hierbij wordt de keuze van de transportmodus gezien als een functie van de modale kenmerken. Elke vervoersmodus wordt gespecificeerd als een vector van kenmerken, die het beeld van de verzender met betrekking tot die modus beïnvloeden. De modus wordt gekenmerkt door abstracte attributen, zoals transportkost per eenheid, gemiddelde transporttijd, variantie van de transporttijd en de transportkost per tijdseenheid terwijl het goed vervoerd wordt. (Cunningham, 1982)

De abstracte specificatie van de modus wordt ook uitgebreid naar de goederen die vervoerd worden. De goederen worden gespecificeerd door een vector met karakteristieken betreffende de volgende dimensies: de transportkosten die aangerekend worden door de verschillende transporteurs voor dat product, de snelheid waarmee de waarde van het goed daalt per tijdseenheid gedurende het transport, de opslagkost van het goed na de levering, de verkoopprijs van het product en de kosten voor vertragingen in de levering van het goed in termen van verloren verkopen en andere nadelen. Indien twee producten dezelfde scores behalen op alle dimensies, worden ze beschouwd als hetzelfde goed. (Cunningham, 1982)

Het *inventory-theoretic* model probeert de indifferentiecurve van de verzender op het vlak van de verschillende modi te bepalen. De verzender neemt een modale beslissing met als doel het minimaliseren van de totale transport- en niet-transportkosten die geassocieerd worden met het vervoer. Deze minimalisatie is gebaseerd op de kenmerken van het goed dat vervoerd moet worden en de kenmerken van de modus in vergelijking met de concurrerende modi. (Cunningham, 1982)

Bij de bespreking van de onderzoeksresultaten beschrijft Cunningham (1982) als eerste de resultaten van een onderzoek uitgevoerd door Roberts (1971). Roberts (1971), geciteerd door Cunningham (1982), zegt dat er vijf variabelen zijn die een invloed kunnen uitoefenen op de modale keuze: het niveau van de vraag, de afstand van het transport, de kenmerken van het vervoerde goed, de bestelde hoeveelheid en het bestelpunt. De bestelde hoeveelheid, het bestelpunt en de afhankelijke variabele (de geselecteerde modus) kunnen beïnvloed worden door

de verzender. In de meeste gevallen liggen de andere drie variabelen (het niveau van de vraag, de afstand van het transport en de kenmerken van het vervoerde goed) vast. Op basis van de niveaus van de keuzevariabelen van de verzender kan een totale kost per cyclus (bestaande uit bestelkosten, transportkosten, opslagkosten, voorraadkosten en tekortkosten) berekend worden. De verzender kiest dan voor de modus die de totale kosten minimaliseert. (Cunningham, 1982)

4.2.1 Heuristiek

Verder schrijft Cunningham (1982) nog over een onderzoek van Constable en Whybark (1978). Zij ontwikkelden een heuristiek die het nemen van gecombineerde transport-voorraadbeslissingen zou moeten vergemakkelijken in de *inventory-theoretic* benadering. De heuristiek kan gebruikt worden om te voorkomen dat men alle mogelijke alternatieve hoeveelheden die vervoerd kunnen worden, moet opsommen. Deze heuristiek bestaat uit drie fasen. Hij maakt gebruik van een exacte procedure om het bestelpunt en de bestelde hoeveelheid voor een transportmodus te bepalen. Deze waarden worden dan gebruikt om de totale kosten van de overblijvende transportalternatieven te schatten. Het alternatief met de laagste geschatte totale kost wordt geselecteerd. De derde fase bestaat uit het bepalen van het bestelpunt en de bestelde hoeveelheid wanneer de modus die geselecteerd werd in de tweede fase verschilt van deze die gebruikt werd in de eerste fase. Hoewel Constable en Whybark (1978), geciteerd door Cunningham (1982), geen voorstellen doen voor het beleid en geen conclusies trekken betreffende de factoren die een invloed uitoefenen op de modale keuze, biedt de heuristiek mogelijkheden tot besparingen voor de beslissingnemer omdat de benodigde computertijd gereduceerd wordt. (Cunningham, 1982)

4.2.2 Voordelen *inventory-theoretic model*

Als besluit schrijft Cunningham (1982) dat het *inventory-theoretic* model verschillende voordelen biedt bij het schatten van de vraag naar de verschillende transportmodi. De voordelen die hij aangeeft, zijn de volgende:

- ✓ Alle data betreffende de transportmodi en de goederen kunnen tegelijkertijd in het model opgenomen worden.
- ✓ De vraag naar een modus die nog niet bestond of de effecten van verbeteringen in een bestaande modus kunnen bestudeerd worden door het specificeren van de nieuwe modale karakteristieken.
- ✓ De schattingsprocedure kan gevalideerd worden door het vergelijken van de voorspelde met de werkelijke modal split.

Het beste kenmerk van het *inventory-theoretic* model is de openlijke beschouwing van de effecten van servicekwaliteit op de modale keuze van de verzender. Het model veronderstelt dat de verzender een afweging maakt tussen de kosten en de kwaliteit van de dienstverlening teneinde een optimale modus te kiezen om de verzending te verzorgen. Omdat het *inventory-theoretic*

model alle factoren incorporeert die de verzender normaal in beschouwing neemt wanneer hij een keuze moet maken, kan het model resultaten opleveren die sterk overeenkomen met de werkelijkheid. (Cunningham, 1982)

4.2.3 Problemen inventory-theoretic model

Het zijn echter niet alleen voordelen die Cunningham (1982) aan dit model toeschrijft. Hij maakt ook vermelding van vier problemen die met dit model samenhangen:

- ✓ Omdat het een micro-economisch model is, vereist het zeer veel gegevens over specifieke verzendingen wanneer men het correct wil gebruiken. Hierdoor is het vaak moeilijk om de procedure toe te passen op een toereikend aantal gegevens zodat goede statistische conclusies getrokken kunnen worden.
- ✓ Sommige kosten, zoals bijvoorbeeld de voorraadtekortkosten, zijn moeilijk (of helemaal niet) meetbaar omdat ze bestaan uit een hele reeks vage en mogelijk niet-kwantificeerbare elementen.
- ✓ Het model maakt de impliciete assumptie dat alle bedrijven tegelijkertijd hun transport- en niet-transportkosten wensen te minimaliseren. Er zijn echter ook bedrijven die bijvoorbeeld de transportmodus kiezen die hun transportkosten voor dat bepaalde transport minimaliseert of die de transittijd van de goederen minimaliseert. In dat geval is een andere analyse vereist.
- ✓ Het *inventory-theoretic* model incorporeert geen gedragsfactoren die een invloed uitoefenen op het beslissingsproces bij de keuze van de modus. De belangrijke percepties van de beslissingnemer worden dus genegeerd in deze benadering.

4.2.4 Besluit

Als besluit voegt Cunningham (1982) hier nog aan toe dat de vier soorten modellen die hij bespreekt niet wederzijds uitsluitend zijn en dat dit eveneens geen exhaustieve lijst is van analytische methodes die gebruikt kunnen worden voor de bestudering van de concurrentie tussen de verschillende transportmodi. De vier categorieën zijn, volgens hem, eerder een manier om de analysemethoden die voorkomen in de literatuur in te delen. Elke methode schenkt inzicht in een bepaald aspect van het beslissingsproces.

In deze eindverhandeling wordt ingegaan op het beslissingsondersteunend model van het VIL. Dit model situeert zich tussen de verschillende benaderingen in. Het model van VIL is niet louter gebaseerd op de *inventory-theoretic* benadering, maar ook deels op de *behavioural approach*. Dit laatste zal ook blijken uit het vervolg van deze eindverhandeling.

Hoofdstuk V: Beslissingsondersteunend model

Na de vorige vier hoofdstukken zal in de volgende hoofdstukken de aandacht meer specifiek gericht worden op het beslissingsondersteunend model van het VIL. In hoofdstuk 5 zal eerst een korte bespreking gegeven worden van de theorie over multimodaal vervoer. Hierbij wordt de nadruk gelegd op opportuniteiten en knelpunten van multimodaal vervoer, voor- en nadelen van verschillende vervoersmodi en de evolutie van de transportsector op multimodaal vlak. Daarna volgt een beschrijving van het beslissingsondersteunend model dat door het VIL reeds werd uitgewerkt.

5.1 Korte bespreking van de theorie

5.1.1 Opportuniteiten en knelpunten van multimodaal vervoer

Zoals Vannieuwenhuyse en Misschaert (2005) aangeven zijn er aan multimodaal vervoer zowel knelpunten als opportuniteiten verbonden. Opportuniteiten situeren zich, volgens de auteurs, vooral op de volgende gebieden:

- ✓ Het afstemmen van vraag en aanbod in goederenvervoer
- ✓ Werken aan een eerlijke markt voor goederenvervoer
- ✓ Optimaliseren van hinterlandverbindingen van de havens
- ✓ Revitalisatie van het spoorvervoer
- ✓ Optimaal benutten van de beschikbare netwerkcapaciteiten
- ✓ Totale logistieke optimalisatie
- ✓ Analyse van innovatieve vervoersconcepten (Vannieuwenhuyse en Misschaert, 2005)

De knelpunten van multimodaal vervoer worden door Vannieuwenhuyse en Misschaert (2005) in drie categorieën onderverdeeld, namelijk technische of infrastructurele knelpunten, organisatorische knelpunten en maatschappelijke knelpunten. In hun bespreking gaan de auteurs dieper in op de belangrijkste knelpunten en obstakels, zoals die worden geobserveerd of ervaren door de verschillende, relevante spelers. Hieronder zal kort worden aangegeven wat de knelpuntcategorieën inhouden. Een overzicht van de knelpunten per vervoersmodus is terug te vinden in bijlage 4.

a) Technische of infrastructurele knelpunten

Zoals de naam al doet vermoeden, zijn dit knelpunten van infrastructurele of technische aard. Vannieuwenhuyse en Misschaert (2005) spreken hierbij over de '*hardware*' van het multimodale vervoersysteem.

b) Organisatorische knelpunten

Hierbij gaat het om de knelpunten van organisatorische, conceptuele, markt- of bedrijfseconomische aard. Vannieuwenhuyse en Misschaert (2005) noemen het de '*orgware*' van het multimodale vervoersysteem.

c) Maatschappelijke knelpunten

Bij deze knelpunten gaat het om de bredere, maatschappelijke aard. De overheid schept een kader waarbinnen het vervoersysteem functioneert. Dit kader kan een aantal tekortkomingen vertonen. Deze tekortkomingen worden maatschappelijke knelpunten genoemd. (Vannieuwenhuyse en Misschaert, 2005)

5.1.2 Beknopte bespreking van de voor- en nadelen van de verschillende vervoersmodi

Chase et al. (2006) omschrijven een transportmodus als "de manier waarop een goed wordt vervoerd". De vijf basismodi, die door de auteurs worden gegeven voor het goederentransport zijn: wegvervoer, spoorvervoer, vervoer over het water, vervoer via een pijpleiding en luchtvervoer. Deze auteurs geven voor de verschillende modi ook aan wat de voordelen en de beperkingen zijn. Wegvervoer (vrachtwagenvervoer) is flexibel, omdat goederen naar zo goed als alle locaties op het continent kunnen vervoerd worden. Wat transittijden betreft scoort het wegvervoer goed en de tarieven zijn meestal redelijk wanneer het gaat om het transport van kleine hoeveelheden en over grote afstanden. Spoorvervoer heeft een lage kost, maar de transittijden zijn lang. Vervoer via het water heeft als voordeel dat de capaciteit zeer groot is en de kosten zeer laag. De transittijden zijn echter erg lang en grote delen van de wereld zijn niet onmiddellijk bereikbaar via het water. Wat betreft pijpleidingen wordt er geconstateerd dat het zeer gespecialiseerd is en beperkt tot vloeistoffen, gassen of vaste stoffen die gestort kunnen worden. Er is geen verpakking nodig en de kosten per kilometer zijn laag. De initiële kost om een pijpleiding op te bouwen is echter hoog. Het luchtvervoer is snel, maar daardoor ook de duurste van alle modi. (Chase et al., 2006)

Vannieuwenhuyse (2002), geciteerd door Vannieuwenhuyse en Misschaert (2005), geeft een SWOT-analyse (Strengths, Weaknesses, Opportunities en Threats - Sterkten, Zwakten, Kansen en Bedreigingen) voor de verschillende vervoersmodi. Een samenvatting is hieronder weergegeven in de tabel.

Tabel 7: SWOT-analyse van de verschillende transportmodi

	Weg	Spoor	Binnenvaart	SSS⁶	Luchtvaart	Pijpleiding
Sterkte	Flexibiliteit Bereikbaarheid	Bestaande netwerk	Lage operationele kost & 'schoon'	Lage operationele kost & 'schoon'	Snelheid	Milieuvriendelijk
Zwakte	Congestie	Gebrek aan flexibiliteit	Traagheid	Compatibiliteit	Duur	Beperkte toepassingen
Opportuniteit	Nieuwe logistieke evoluties	Liberalisatie	Politieke prioriteit	Politieke prioriteit	Liberalisatie	Nieuwe goederenniches
Bedreiging	Extra regelgeving	Bedrijfscultuur	Beperkt netwerk	Traagheid	Congestie	Terrorisme
EU objectief	Creëren van een eerlijke Europese vervoersmarkt met inter-compatibiliteit en inter-operabiliteit tussen de verschillende transportmodi. Stimuleren van intermodaliteit, waarbij de sterktes van de ingezette transportmodi worden gecombineerd.					
Intermodaal	Flexibiliteit Bereikbaarheid	Infrastructuur	Lage operationele kost & 'schoon'	Lage operationele kost & 'schoon'	Snelheid	Milieuvriendelijk

(Bron: Vannieuwenhuysse, 2002 geciteerd door Vannieuwenhuysse en Misschaert, 2005)

Vannieuwenhuysse en Misschaert (2006) geven ook een bewerkte tabel van Oteman (2004) met hierin de belangrijkste kenmerken van de verschillende modi. De aandacht gaat hierbij echter niet naar de SWOT-analyse, maar naar de kosten, betrouwbaarheid, flexibiliteit en frequentie.

Tabel 8: Eigenschappen van de vervoerswijzekeuze

Factor	Weg	Water	Spoor	Lucht	Pijpleiding
Kosten	Slecht	Zeer goed	Goed	Zeer slecht	Goed
Betrouwbaarheid	Matig	Goed	Matig	Matig	Zeer goed
Flexibiliteit	Zeer goed	Matig	Slecht	Matig	Zeer slecht
Frequentie	Zeer goed	Goed	Goed	Matig	Zeeg goed

(Bron: Vannieuwenhuysse en Misschaert, 2006 – bewerkte versie van Oteman, 2004)

Uiteraard kunnen voor de verschillende vervoersmodi nog andere voor- en nadelen aangehaald worden. Het is echter niet de bedoeling van deze eindverhandeling om op al deze elementen verder in te gaan.

⁶ SSS = Shortsea Shipping

5.1.3 Evolutie van de transportsector op multimodaal vlak

De transportsector heeft niet van de ene dag op de andere de overstap gemaakt naar multimodaal vervoer. Deze overgang heeft zich geleidelijk aan voltrokken en is nog steeds aan de gang. In deze paragraaf zullen voor de verschillende vervoersmodi de belangrijkste ontwikkelingen op multimodaal vlak beknopt worden weergegeven.

Paelinck (2002) geeft aan dat de eerste vorm van gebruik van meerdere transportmodi ontstond omdat van en naar de haven een aanvoermiddel werd gebruikt. Dat aanvoermiddel was het spoorvervoer, de vrachtwagen of het binnenvaartschip. In de beginperiode ging het vooral om individuele exploitanten. Zij voerden de goederen aan zonder gebruik te maken van een georganiseerd systeem van integratie. Op vlak van aanleveringstermijnen, wachttijden, laad- en lostijden waren er wel regels en afspraken, die al dan niet werden gerespecteerd, maar de schakeling voor en na bleef uiterst beperkt. (Paelinck, 2002)

Hieronder zal voor het spoorvervoer, het wegvervoer, de binnenvaart, luchtvervoer en pijpleidingen kort aangegeven worden welke de evolutie was in hun gebruik en welke rol ze zijn gaan spelen in het multimodaal vervoer.

a) Spoorvervoer en wegvervoer

De functie van het spoorvervoer werd in het verleden overgenomen door het wegvervoer. Dit kwam door het verdwijnen van de meeste spooraansluitingen bij de industrie. Nog maar zeer sporadisch werd een combinatie van baanvervoer met het spoor over korte afstand gecombineerd. Hierdoor verloor het spoor een belangrijk vervoersaandeel. Dit was één van de oorzaken van de enorme groei van het wegvervoer. (Paelinck, 2002)

Paelinck (2002) geeft ook nog een andere oorzaak voor de enorme groei van het wegvervoer en de achteruitgang van het spoorvervoer. Deze oorzaak was de meer commerciële houding van wegvervoer in vergelijking met het spoorvervoer. Dit fenomeen is ook nu nog steeds zichtbaar. Wanneer men een offerte moet aanvragen voor het spoorvervoer, kan dit weken of maanden duren terwijl dit voor het wegvervoer slechts een kwestie van enkele minuten is. Wat het internationale vrachtvervoer over lange afstand betreft, is het probleem van het 'nationale' denken van de spoorwegen in Europa een enorme hinderpaal. Over de jaren heen heeft het spoor een langdurige politieke bescherming genoten op nationaal vlak. Hierdoor zijn de technische verschillen tussen landen een belangrijke hinder voor meer rendabel spoorvervoer. Zo zijn er onder meer verschillen in onderhoud, seininstallaties, voltages voor elektrische treinen en spoorbreedte. (Paelinck, 2002)

Zoals hierboven reeds werd aangehaald, is de groei van het wegvervoer de laatste jaren enorm toegenomen. Volgens Paelinck (2002) ziet het er ook niet naar uit dat die groei erg zal vertragen in de nabije toekomst. De auteur haalt hierbij het voorbeeld van de Verenigde Staten aan. Daar is er

wel een grotere samenwerking ontstaan tussen het weg- en het spoorvervoer omwille van het belangrijke gebrek aan lange-afstand-chauffeurs. Dat was dan ook de aanleiding waarom de wegvervoerder een middel zocht om samen met de spoorvervoerder dit probleem op te lossen.

De sterke opkomst van het wegvervoer heeft echter ook een aantal minder goede kanten. Zo halen Vannieuwenhuysse en Misschaert (2005) aan dat steeds meer hoofd- en ringwegen verzadigd raken. Naast het capaciteitsprobleem is er, volgens deze auteurs, ook nog een milieu- en veiligheidsprobleem. Vandaar dat zowel de overheden als de vervoersgebruikers (producenten, distributeurs, logistieke dienstverleners,...) op zoek zijn naar alternatieven. (Vannieuwenhuysse en Misschaert, 2005) Het spoorvervoer blijkt echter meestal, volgens Vannieuwenhuysse en Misschaert (2005), geen alternatief voor het wegvervoer. Vooral op flexibiliteit en betrouwbaarheid scoort het spoorvervoer niet goed, terwijl dat toch twee belangrijke beslissingsfactoren zijn.

b) Binnenvaart

Vannieuwenhuysse en Misschaert (2005) geven aan dat de binnenvaart in Vlaanderen op korte termijn meer mogelijkheden biedt dan het spoorvervoer. De huidige binnenvaarttrafiek ligt, volgens deze auteurs, nog ver af van de maximumcapaciteit. De binnenvaart werd eind jaren negentig geliberaliseerd en nu reeds blijkt deze vervoersmodus competitief met het wegvervoer voor bepaalde vervoersniches. Dit is bijvoorbeeld het geval voor het vervoer van grote volumes, bij voorkeur in containers en over grote afstanden. De binnenvaart wordt in het Vlaamse en Europese mobiliteitsbeleid gepromoot als een milieuvriendelijk alternatief voor het wegvervoer. (Vannieuwenhuysse en Misschaert, 2005)

De geografische reikwijdte van de binnenvaart is, volgens Paelinck (2002), een hinderpaal. De private ondernemer heeft hier echter bijzonder snel ingespeeld op de eisen van het moderne vervoer. Hierdoor zijn er containerschepen van verschillend type en grootte ontstaan. Roll-on/roll-off lichters (foto: zie bijlage 9) vervoeren auto's en tractoren vanaf de fabriek langs de rivier naar een plaats waar een vrachtwagen de goederen overneemt voor het eindtraject. (Paelinck, 2002)

c) 'Shortsea Shipping' (SSS) als binnenvaart

Een andere vorm van binnenvaart, die Paelinck (2002) aanhaalt, is ontstaan door de invoering van 'kruiplijn coasters' (foto: zie bijlage 9). Zij kunnen vanuit een overzeese haven tot ver in het binnenland goederen afleveren. In stijgende mate gaat het hier om containers. (Paelinck, 2002)

Vannieuwenhuysse en Misschaert (2005) geven aan dat er werk wordt gemaakt van een naadloze combinatie van SSS en binnenvaart met schepen die zowel op zee als op de binnenwateren kunnen varen. Dit laatste sluit aan bij hetgeen hierboven werd geschreven over 'kruiplijn coasters'. De auteurs geven echter ook nog aan dat de moeilijke en dure behandeling en de uitgebreide

formaliteiten in de havens een echte doorbraak van deze vervoerswijze voorlopig nog in de weg staan.

d) Luchtvervoer

Volgens Vannieuwenhuyse en Misschaert (2005) komt het luchtvervoer alleen in aanmerking in bepaalde vervoersniches. Goederen met een hoge waardedensiteit en waarbij de leversnelheid essentieel is, worden met de luchtvaart vervoerd. De grootste troef van deze modus is de snelheid. Nadeel is echter wel dat de modus steeds meer te maken krijgt met congestieverschijnselen in de West-Europese luchthavens. (Vannieuwenhuyse en Misschaert, 2005)

e) Pijpleidingen

Pijpleidingen komen slechts in aanmerking voor een heel beperkt aantal goederen. Het goederenassortiment dat op deze manier vervoerd wordt, bestaat voornamelijk uit olie en gas. Het voordeel van deze modus is dat het een heel milieuvriendelijke (geen geluidshinder, emissies, weinig landbeslag), goedkope (operationele kost) en betrouwbare vervoerswijze is. Nadelig is echter dat de zware investeringskosten deze vervoerswijze vaak in de weg staan. Tot hiertoe is het pijpleidingennetwerk dan ook relatief beperkt gebleven in omvang. (Vannieuwenhuyse en Misschaert, 2005)

In zijn bespreking van de evolutie van de verschillende vervoersmodi, maakt Paelinck (2002) geen melding van de laatste twee vervoerswijzen. De reden hiervoor zou kunnen zijn dat deze modi eerder een beperkt gebruik kennen.

5.2 Beschrijving van het beslissingsondersteunend model dat reeds door het Vlaams Instituut voor de Logistiek werd uitgewerkt

Omdat er in de literatuur niet altijd volledige overeenstemming is wat betreft de indeling van de totale logistieke kosten, wordt in paragraaf 5.3 van deze eindverhandeling zoveel mogelijk aangegeven wat de verschillen en overeenkomsten zijn in de literatuur. Verder wordt er aangegeven welk verschil er bestaat tussen de literatuur en het beslissingsondersteunend model van het VIL. Eerst zal in de huidige paragraaf 5.2 aangegeven worden hoe het beslissingsondersteunend model van het VIL is opgebouwd. Verder tracht deze eindverhandeling na te gaan in hoeverre het beslissingsondersteunend model van het VIL kan verbeterd of uitgebreid worden voor het bepalen van de totale logistieke kost. De bespreking hiervan is terug te vinden in de hoofdstukken 6 en 7.

Om het bovenstaande te onderzoeken, wordt onder meer een antwoord gezocht op de volgende vragen:

- ✓ Hoe zijn de verschillende kosten opgenomen in het ene model ten opzichte van het andere en hoe wordt dit gedaan in het model van het VIL?
- ✓ Is het voor het VIL nuttig om op een andere manier van kostenberekening over te stappen voor bepaalde kosten? Levert dit een meerwaarde op om te komen tot een uiteindelijke beslissing?
- ✓ Indien een andere kostenberekening een meerwaarde oplevert voor de modale beslissing op basis van het model van het VIL, hoe kan deze kostenberekening dan opgenomen worden in het model?
- ✓ Hoe kunnen de gegevens die nodig zijn voor de kostenberekening vertaald worden in vragen naar de bedrijven toe? Hoe kan men de op deze manier bekomen informatie van de bedrijven omzetten en invullen in de formule voor de kostenberekening? Hoe kan het VIL de vertaalslag doen van de gegevens uit de vragenlijst naar het model toe?
- ✓ Wordt het model niet te ingewikkeld? Hiermee wordt meer bepaald bedoeld of de moeilijkheid van de vragen de respondenten uit de bedrijfswereld niet afschrikt, waardoor ze minder geneigd zullen zijn te overwegen om over te stappen op multimodaal vervoer.

Het is uiteraard mogelijk dat niet alle bovenvermelde vragen van toepassing zijn voor elke kostensoort. De relevante aspecten worden bij elke kostensoort besproken. Bij de bestudering van het beslissingsondersteunend model van het VIL en de literatuur valt het op dat de gebruikte benamingen van de kosten niet volledig overeenkomen met elkaar. Het VIL heeft gekozen voor een eigen benaming van de verschillende kostensoorten die in de literatuur aan bod komen.

In wat volgt wordt de benaming van het VIL zo veel mogelijk aangehouden en wordt er regelmatig verwezen naar de overeenkomstige termen die in de literatuur gebruikt worden. De volgorde waarin de kosten aan bod komen, is als volgt: transportkosten, transporttijdkosten, voorraadkosten, overslagkosten en interne bedrijfskosten. Onderstaande bespreking is vooral gebaseerd op de handleiding die door de Strategische Werkgroep Multimodaal Transport werd opgesteld als aanvulling bij het beslissingsondersteunend model.

5.2.1 Transportkosten

Bij de berekening van de transportkosten maakt het VIL een opdeling van deze kosten in twee componenten. De kosten van externe dienstverleners vormen een eerste component. Deze kosten zijn opgebouwd uit de transportkost per kilometer vermenigvuldigd met het aantal afgelegde kilometers; de transportkost per uur vermenigvuldigd met het aantal uren dat nodig is voor het transport en overige kosten. De formule waarvan voor deze berekening gebruik gemaakt wordt, is de volgende:

$$\text{Kosten externe dienstverleners (EUR)} = [\text{transportkost per km (EUR/km)} \times \text{aantal km (km)}] + [\text{transportkost per uur (EUR/uur)} \times \text{aantal uren (uur)}] + [\text{overige kosten (EUR)}]$$

(Strategische Werkgroep Multimodaal Transport, 2006)

De totale jaarlijkse kost, aangerekend door externe dienstverleners, wordt berekend door de som te maken van de facturen van de externe dienstverlener gedurende een bepaald jaar. Uiteraard mag men deze kosten enkel in rekening brengen indien het bedrag betrekking heeft op het transport van A naar B. Er treden namelijk ook wachttijden op voor het laden en lossen op de bedrijfssite, of bij de overslag op de terminal. Deze mogen niet meegenomen worden in de berekening van de transportkost. Indien meerdere externe dienstverleners betrokken zijn bij het transportproces, bijvoorbeeld bij intermodaal transport, dan moeten al deze afzonderlijke kosten meegenomen worden in de transportkost. (Strategische Werkgroep Multimodaal Transport, 2006)

De Strategische Werkgroep Multimodaal Transport (2006) geeft aan dat indien de transportkosten van de externe dienstverleners niet voldoende gekend zijn voor de onderneming, gebruik kan gemaakt worden van de *default kostdata* die opgenomen zijn in het model van het VIL. Uiteraard moet er dan rekening mee gehouden worden dat deze kostengegevens kunnen afwijken van de werkelijke kosten. De overige kosten zijn onder andere de ritspecifieke kosten die nog niet verrekend werden in de transportkost per kilometer of per uur. Deze post omvat onder meer de tolgeden voor het gebruik van autowegen en tunnels en de kosten voor het eventuele gebruik van een bewaakte parking.

De tweede component van de transportkosten, in het model van het VIL, bestaat uit de kosten van de eigen onderneming. Van deze kostensoort is er sprake wanneer de onderneming het transport volledig of gedeeltelijk zelf verzorgt. Wanneer deze kosten niet gekend zijn, worden ze berekend als de som van meerdere kostencomponenten. De volgende kostencomponenten werden opgenomen in het model:

- ✓ Personeel: Kosten voor het rijdend personeel.
- ✓ Energie: Kosten voor brandstof (diesel).
- ✓ Materieel: Jaarlijkse afschrijving van het voertuig indien het in eigen bezit is. Indien het gehuurd wordt dan gebruikt men de jaarlijkse huurprijs voor het voertuig. Naast de trekker behoren ook de trailers en containers tot het materieel.
- ✓ Onderhoud: Kosten voor preventief onderhoud, revisies en noodzakelijke herstellingen.
- ✓ Verzekering: De premies, inclusief dossierkosten en taksen, voor de verzekering van het voertuig, verplichte burgerlijke aansprakelijkheidsverzekering, de eigen-schade-, brand- en diefstalverzekering en de gerechtelijke bijstandsverzekering. Ook de premies van een aansprakelijkheidsverzekering uitbating en van een CMR-ladingverzekering dienen meegenomen te worden.

- ✓ Financiering: Indien het materieel werd aangekocht met vreemde middelen dan dient hiervoor een financieringskost (intrest) betaald te worden. Ook deze kost maakt deel uit van de transportkost.
- ✓ Banden: Kosten voor het verwisselen van de banden.
- ✓ Overige: Deze post omvat enerzijds een aantal voertuiggebonden vaste kosten. Deze zijn de verkeersbelasting, het Eurovignet, de vergoeding voor de technische controle en de gemiddelde bijdrage aan een beroepsvereniging. Daarnaast worden ook specifieke ritkosten meegerekend zoals ondermeer tolgelden voor het gebruik van autowegen en tunnels, en de kosten voor het eventuele gebruik van een bewaakte parking. (Strategische Werkgroep Multimodaal Transport, 2006)

Indien de eigen onderneming niet het volledige transport verzorgt dan kan het nog zijn dat de onderneming bepaalde kosten maakt met betrekking tot het transportproces, bijvoorbeeld door het inhuren van trailers of containers. (Strategische Werkgroep Multimodaal Transport, 2006)

De algemene formule voor de berekening van de transportkost is volgens de Strategische Werkgroep Multimodaal Vervoer (2006):

Transportkost (EUR) = [transportkost externe dienstverleners (EUR)] + [transportkost eigen onderneming (EUR)]

Om een zicht te krijgen op deze kosten stelt het VIL een aantal vragen aan het bedrijf in kwestie. De vragenlijst die hiervoor is opgenomen in het model is terug te vinden als gedeelte van het Excel bestand in bijlage 19.

5.2.2 Transporttijdskosten

De transporttijdkost is gerelateerd aan het onderweg zijn van de goederen. De goederen vertegenwoordigen een kapitaal, dat door het transport tijdelijk niet voor andere doeleinden kan aangewend worden. Dit genereert bijgevolg een kost, meer bepaald een opportuiniteitskost. De kapitaalkost is afhankelijk van de getransporteerde hoeveelheid, de gemiddelde tijd nodig per geladen transport en de jaarlijks getransporteerde waarde. De transporttijdkost zal in een onderneming vaak niet onmiddellijk gekend zijn. In dat geval wordt deze kost berekend op basis van drie elementen: de waardering van de tijd, de gemiddelde tijd nodig per geladen transport en de jaarlijks getransporteerde waarde. De algemene formule voor de berekening van de transporttijdkost, waarvan het VIL gebruik maakt, is:

Transporttijdkost (EUR) = [waardering tijd (%)] x [gemiddelde tijd per geladen transport (jaar)] x [jaarlijks getransporteerde waarde (EUR)]

(Strategische Werkgroep Multimodaal Transport, 2006)

De kapitaalkost, de bederfbaarheid zowel fysisch als economisch en het risico op schade en verlies vormen samen de basis voor de waardering van de tijd, aldus de Strategische Werkgroep

Multimodaal Transport (2006). Deze waardering wordt uitgedrukt als een percentage. De bovenvermelde componenten, die nodig zijn voor de waardering van de tijd, worden hieronder elk afzonderlijk verduidelijkt op basis van de verklaringen in de handleiding die hoort bij het beslissingsondersteunend model van het VIL.

a) Kapitaalkost

De kapitaalkost of opportuiniteitskost is de kost voor het kapitaal dat vervat zit in de getransporteerde goederen en dat tijdens het transport niet aangewend kan worden voor andere doeleinden. Verschillende percentages worden hiervoor gebruikt, gaande van de rentevoet bij de banken, over de *weighted average cost of capital* (WACC of gewogen gemiddelde kapitaalkost) tot het verwachte of gewenste rendement op investeringen (ROI). Samen met de onderneming dient afgestemd te worden welk percentage hiervoor gebruikt wordt. (Strategische Werkgroep Multimodaal Transport, 2006)

b) Fysische bederfbaarheid

De fysische bederfbaarheid van de goederen tijdens het transport wordt uitgedrukt als een percentage. Meestal zal dit percentage niet beschikbaar zijn bij de onderneming, maar zal deze wel de waarde hebben van de goederen die tijdens dat jaar bedorven zijn omwille van fysische redenen. Deze waarde volstaat om het percentage van fysische bederfbaarheid te berekenen. De formule die gehanteerd wordt, is:

$$\text{fysische bederfbaarheid}(\%) = \frac{[\text{waarde fysisch bederf (€)}]}{[\text{gemiddelde geladen transporttijd (jaar)}] * [\text{jaarlijks getransporteerde waarde (€ / jaar)}]}$$

(Strategische Werkgroep Multimodaal Transport, 2006)

c) Economische bederfbaarheid

De economische bederfbaarheid van de goederen tijdens het transport wordt eveneens uitgedrukt als een percentage. Het is de procentuele waardevermindering van de goederen indien ze gedurende één jaar onderweg zouden zijn. Echter in de meeste gevallen zal dit percentage niet voorhanden zijn. Een mogelijk alternatief is het bepalen van de economische ontwaarding in geldwaarde. Deze is echter niet eenvoudig te bepalen. Indien deze waarde toch beschikbaar zou zijn, dan wordt de formule voor het berekenen van de economische bederfbaarheid:

$$\text{economische bederfbaarheid}(\%) = \frac{[\text{waarde economisch bederf (€)}]}{[\text{gemiddelde geladen transporttijd (jaar)}] * [\text{jaarlijks getransporteerde waarde (€ / jaar)}]}$$

(Strategische Werkgroep Multimodaal Transport, 2006)

In de meeste gevallen zal ook de waarde van het economisch bederf niet voorhanden zijn. Wat wel gekend is bij ondernemingen is de geschatte levensduur (in jaren uitgedrukt) van de goederen in kwestie. Vanuit de economische levensduur kan relatief gemakkelijk het percentage van economische bederfbaarheid worden berekend met de volgende formule:

$$\text{economische bederfbaarheid}(\%) = \frac{1}{[\text{economische levensduur (jaar)}]}$$

(Strategische Werkgroep Multimodaal Transport, 2006)

Stel dat de economische levensduur van een product drie jaar bedraagt. Bij een lineaire waardevermindering gedurende de levensduur zal de waarde jaarlijks met $\frac{1}{3}$ (of 33%) afnemen.

d) Risico op schade en verlies

Het risico op schade en verlies tijdens het transport is de hoeveelheid goederen, uitgedrukt in een percentage, die tijdens het transport beschadigd raken of ontvreemd worden. Het percentage waar hier mee gerekend wordt, is het gedeelte van de goederen dat verloren gaat door schade of diefstal indien ze gedurende één jaar onderweg zouden zijn. In de meeste gevallen zal dit percentage echter niet beschikbaar zijn en wordt er gewerkt met de effectieve waarde van schade en verlies. In veel bedrijven is het namelijk verplicht om deze waarde, in het kader van een ISO-certificaat, bij te houden en jaarlijks te rapporteren. Het percentage voor het risico op schade en verlies wordt dan als volgt berekend:

$$\text{risico schade en verlies}(\%) = \frac{[\text{waarde schade en verlies (€)}]}{[\text{gemiddelde geladen transporttijd (jaar)}] * [\text{jaarlijks getransporteerde waarde (€ / jaar)}]}$$

(Strategische Werkgroep Multimodaal Transport, 2006)

Zoals uit het bovenstaande duidelijk is gebleken, wordt in de meeste formules gebruik gemaakt van de factoren "gemiddelde geladen transporttijd" en "jaarlijks getransporteerde waarde". De gemiddelde tijd per geladen transport kan relatief eenvoudig berekend worden op basis van het totaal aantal door de transporteur gepresteerde uren gedurende het voorbije jaar (waarbij het vervoersmiddel geladen was) en het aantal transporten dat de transporteur dat jaar heeft uitgevoerd. De formule wordt dan:

$$\text{gemiddelde tijd geladen transport (jaar)} = \frac{[\text{totale jaarlijkse transporttijd (geladen) (jaar)}]}{[\text{aantal transporten}]}$$

(Strategische Werkgroep Multimodaal Transport, 2006)

De reden waarom enkel de geladen tijd wordt meegenomen in de berekening, is dat enkel dan de goederen effectief onderweg zijn. De wachttijden voor overslag worden echter wel meegerekend omdat ook dan de goederen beschouwd worden als onderweg zijnde. De ratio tussen de geladen

transporttijd en het leegrijden zal zelden gekend zijn door de onderneming. In die zin lijkt een 50/50 redenering zinvol en vrij correct. (Strategische Werkgroep Multimodaal Transport, 2006)

De totale waarde van de getransporteerde goederen (uitgedrukt in euro) kan berekend worden aan de hand van het aantal getransporteerde eenheden vermenigvuldigd met de productiekost. Er wordt niet gerekend met de verkoopprijs, maar wel met de productiekost omdat het enkel deze laatste is die voorgefinancierd wordt door de onderneming. De formule voor de berekening van de jaarlijks getransporteerde waarde is de volgende:

$$\text{jaarlijks getransporteerde waarde (€)} = [\text{aantal getransporteerde units (eenheden)}] \times [\text{productiekost per unit (€ / eenheid)}]$$

(Strategische Werkgroep Multimodaal Transport, 2006)

5.2.3 Overslagkost

Uit de handleiding van de Strategische Werkgroep Multimodaal Transport (2006) blijkt dat bij de overslagkosten, net zoals bij de transportkosten, door het VIL een opdeling wordt gemaakt naar kosten die betaald moeten worden aan de externe dienstverleners en kosten van de eigen onderneming. Het is namelijk mogelijk dat bij het laden en lossen van goederen een beroep wordt gedaan op een externe dienstverlener. Indien dat het geval is, is het eenvoudig om de overslagkosten te verkrijgen door de gefactureerde bedragen op te tellen. Het is hierbij wel belangrijk dat er op gelet wordt dat de kosten enkel betrekking hebben op het overslagproces. De overslagkost kan eveneens berekend worden door de kost van een overslagbehandeling te vermenigvuldigen met het aantal behandelingen. De formule wordt dan, volgens de Strategische Werkgroep Multimodaal Transport (2006): $\text{Overslagkost} = [\text{kost per overslagbehandeling (EUR/behandeling)}] \times [\text{aantal overslagbehandelingen (behandelingen)}]$.

Wanneer een onderneming de eigen overslagkosten wil kennen, zal meestal blijken dat deze kosten niet rechtstreeks in de boekhouding opgenomen zijn. Ze kunnen slechts bekomen worden door ze te berekenen. In het beslissingsondersteunend model van het VIL is deze berekening op twee manieren mogelijk. Ofwel maakt men ook hier het product van het aantal overslagbehandelingen en de kost per overslagbehandeling zoals bij de berekening van de overslagkost van de externe dienstverlener, ofwel maakt men de som van de verschillende kostencomponenten die gerelateerd zijn aan het overslagproces. In het model van het VIL worden de volgende kostencomponenten vooropgesteld:

- ✓ Personeel: De kost voor het personeel betrokken bij het overslagproces. Dit zijn onder meer de kraanmannen, de *reach stacker* chauffeurs, maar evenzeer de arbeiders die instaan voor het verpakken van de goederen.
- ✓ Infrastructuur: Onder infrastructuur worden alle onroerende goederen verstaan die gebruikt worden tijdens het overslagproces. Dit zijn onder andere de fabrieksgebouwen, de terminal en wachtplaatsen. De infrastructuur kan aangekocht zijn of worden gehuurd. Het bedrag dat meegenomen dient te worden in de berekening is dan respectievelijk de jaarlijkse afschrijvingskost of de huurkost.
- ✓ Superstructuur: Onder superstructuur worden alle roerende goederen verstaan die gebruikt worden tijdens het overslagproces. Dit zijn onder andere machines voor het verpakken van goederen, kranen, *reach stackers* en heftrucks. De superstructuur kan aangekocht zijn of worden gehuurd. Het bedrag dat meegenomen dient te worden in de berekening is dan respectievelijk de jaarlijkse afschrijvingskost of de huurkost.
- ✓ Onderhoud: Het betreft hier zowel het onderhoud van de infrastructuur als van de superstructuur.
- ✓ Energie: De energie noodzakelijk om de superstructuur te laten werken (bvb. diesel voor heftrucks of elektriciteit om kranen en machines te laten draaien) alsook de energie om gebouwen te verwarmen.
- ✓ Verzekering: In deze component zit zowel de verzekering voor infrastructuur, superstructuur als personeel.
- ✓ Financiering: Indien de infrastructuur en/of superstructuur werd aangekocht met vreemde middelen, dient hiervoor een financieringskost (intrest) betaald te worden. Ook deze kost maakt deel uit van de overslagkost. (Strategische Werkgroep Multimodaal Transport, 2006)

De totale overslagkost wordt dan berekend via onderstaande formule:

Overslagkost = [Overslagkost externe dienstverleners] + [overslagkost eigen onderneming].

(Strategische Werkgroep Multimodaal Transport, 2006)

5.2.4 Voorraadkosten

De Strategische Werkgroep Multimodaal Transport (2006) geeft aan dat de voorraadkost meestal berekend wordt op basis van twee elementen, namelijk de waardering van de voorraad en de jaarlijkse gemiddelde voorraadwaarde. Als algemene formule voor de voorraadkost wordt het volgende resultaat gegeven:

Voorraadkost = [waardering voorraad] x [gemiddelde jaarlijkse voorraadwaarde].

De componenten uit deze formule zullen verder uitgewerkt worden.

a) Waardering voorraad

De waardering van de voorraad wordt, door de Strategische Werkgroep Multimodaal Transport (2006), uitgedrukt als een percentage dat opgebouwd is uit vijf elementen, die eveneens percentages zijn. Deze vijf elementen zijn: kapitaalkost, magazijnkost, bederfbaarheid (fysisch en economisch) en het risico op schade en verlies. De percentages worden op een gelijkaardige wijze berekend als bij de transporttijd kost. Dit betekent echter niet noodzakelijk dat de percentages bij de beide componenten gelijk zijn. In wat volgt zal kort aangehaald worden wat de vijf elementen precies betekenen. Voor meer uitleg wordt echter verwezen naar paragraaf 5.2.2 waar de componenten van de transporttijd kost worden uitgelegd.

- Kapitaalkost

De kapitaalkost of opportuiniteitskost drukt de kost uit voor het kapitaal dat vervat zit in de opgeslagen goederen en dat tijdens de opslag niet aangewend kan worden voor andere doeleinden. (Strategische Werkgroep Multimodaal Transport, 2006)

- Magazijnkost

De jaarlijkse magazijnkost wordt door de Strategische Werkgroep Multimodaal Transport (2006) omschreven als "de kostprijs om een eenheid van een goed gedurende één jaar in voorraad te houden". Indien de werkelijke magazijnkost niet berekend kan worden, kan deze uitgedrukt worden als een percentage van de gemiddelde jaarlijkse voorraadwaarde. Vaak zal echter de werkelijke magazijnkost berekend kunnen worden.

De Strategische Werkgroep Multimodaal Transport (2006) maakt een onderscheid tussen enerzijds goederen opgeslagen in een extern magazijn en anderzijds de opslag van goederen in een eigen magazijn. Wanneer er sprake is van een extern magazijn, kunnen de facturen van de externe dienstverlener gewoon opgeteld worden om de magazijnkosten van de publieke magazijnen te kennen. Wanneer de goederen in een eigen magazijn zijn opgeslagen, moet de jaarlijkse magazijnkost berekend worden. In deze kost moeten niet alleen huur- en/of intrestkosten worden opgenomen, maar ook afschrijvingen, kosten voor verlichting, verwarming, personeel en onderhoud. De formule voor de berekening van de magazijnkost wordt dan volgens de Strategische Werkgroep Multimodaal Transport (2006):

$$\text{Magazijnkost (\%)} = \frac{\text{Waarde magazijnkost (EUR)}}{\text{Gemiddelde jaarlijkse voorraadwaarde (EUR)}}.$$

- Fysische Bederfbaarheid

Zowel de fysische als de economische bederfbaarheid kunnen uitgedrukt worden als een percentage. Wat de fysische bederfbaarheid betreft, zegt de Strategische Werkgroep Multimodaal Transport (2006) dat dit percentage meestal niet beschikbaar is in de onderneming. Ze zal echter wel een waarde hebben van de goederen die tijdens dat jaar bedorven zijn gedurende de opslag omwille van fysische redenen. Met deze waarde kan dan het percentage van de fysische bederfbaarheid berekend worden. De formule waarvan gebruikt gemaakt wordt bij deze berekening is:

$$\text{Fysische bederfbaarheid (\%)} = \frac{\text{Waarde fysisch bederf (EUR)}}{\text{Gemiddelde jaarlijkse voorraadwaarde (EUR)}}.$$

(Strategische Werkgroep Multimodaal Transport, 2006)

- Economische Bederfbaarheid

Economische bederfbaarheid van de voorraad wordt door de Strategische Werkgroep Multimodaal Transport (2006) omschreven als "de procentuele waardevermindering van de goederen indien de goederen gedurende één jaar opgeslagen zouden worden". Net zoals bij de fysische bederfbaarheid zal ook dit percentage meestal niet beschikbaar zijn. Wanneer dit percentage niet voorhanden is, kan de economische ontwaarding uitgedrukt worden in geldwaarde om het percentage van de economische bederfbaarheid te berekenen aan de hand van volgende formule:

$$\text{Economische bederfbaarheid (\%)} = \frac{\text{Waarde economisch bederf (EUR)}}{\text{Gemiddelde jaarlijkse voorraadwaarde (EUR)}}.$$

De waarde van het economisch bederf is echter meestal moeilijk te bepalen. (Strategische Werkgroep Multimodaal Transport, 2006)

Zoals in paragraaf 5.2.2 reeds werd aangehaald kan men, bij het ontbreken van de economische ontwaarding in geldwaarde, het percentage berekenen op basis van de economische levensduur. De formule die daarvoor gebruikt wordt, is dezelfde als deze bij de transporttijdperk in paragraaf 5.2.2.c.

- Risico op schade en verlies

Als laatste is er nog het risico op schade en verlies tijdens het transport. Volgens de Strategische Werkgroep Multimodaal Transport (2006) is dit "het percentage van de goederen dat tijdens de opslag beschadigd wordt of ontvreemd raakt". Het gaat om dat deel van de goederen dat verloren gaat door schade of diefstal indien de goederen gedurende één jaar zouden worden opgeslagen. Wanneer dit percentage niet voorhanden is, wordt er gewerkt met de effectieve waarde van schade en verlies. Volgens de Strategische Werkgroep Multimodaal Transport (2006) is het in veel bedrijven verplicht om deze waarde, in het kader van een ISO-certificaat, bij te houden en jaarlijks

te rapporteren. Het percentage voor het risico op schade en verlies wordt dan berekend op basis van de volgende formule:

$$\text{Risico schade en verlies (\%)} = \frac{\text{Waarde schade en verlies (EUR)}}{\text{Gemiddelde jaarlijkse voorraadwaarde (EUR)}}.$$

In veel van bovenstaande formules is er sprake van de gemiddelde jaarlijkse voorraadwaarde. Volgens de Strategische Werkgroep Multimodaal Transport (2006) is de waarde hiervan eenvoudig uit de boekhouding te halen, meer bepaald uit de balans. Het gaat hier echter om een gerapporteerde waarde op de balans en dus een momentopname. Volgens de Strategische Werkgroep Multimodaal Transport (2006) is het beter de gemiddelde jaarlijkse voorraadwaarde te berekenen als een gemiddelde van de voorraadwaarde op maand-, week- of zelfs op dagbasis. Daarnaast is het volgens deze werkgroep ook mogelijk om de gemiddelde jaarlijkse voorraadwaarde te berekenen op basis van de jaarlijkse omzet en de rotatie of het aantal dagen dat een goed op voorraad ligt. De formule voor de gemiddelde jaarlijkse voorraadwaarde ziet er als volgt uit:

$$\text{Gemiddelde jaarlijkse voorraadwaarde (EUR)} = \text{totale jaarlijkse omzet (EUR)} \times \frac{\text{gemiddeld aantal dagen voorraad (dagen)}}{365 \text{ dagen}}.$$

5.2.5 Interne bedrijfskosten

De interne bedrijfskost is volgens de Strategische Werkgroep Multimodaal Transport (2006) “de jaarlijkse kost voor interne bedrijfsprocessen die direct of indirect gerelateerd zijn aan de organisatie en de opvolging van het transport (o.a. administratie bij het aanmaken en het verwerken van transportbestellingen, de leveranciersselectie en het opstellen van contracten, het opmaken van de transportplanning en de transportopvolging en -controle)”.

Net zoals bij de meeste van bovenvermelde kosten is de interne bedrijfskost die gerelateerd is aan het logistieke proces, niet als één waarde terug te vinden in de boekhouding van de onderneming. Vandaar dat het noodzakelijk is om deze waarde te berekenen door de verschillende kostencomponenten op te tellen. (Strategische Werkgroep Multimodaal Transport, 2006) Deze kostencomponenten zijn onder meer:

- ✓ Personeel: Het personeel dat betrokken is bij processen die het logistieke proces ondersteunen (o.a. aankoop, orderdienst, transportdienst).
- ✓ Infrastructuur: Het gebouw dat gebruikt wordt door het personeel betrokken bij het logistieke proces.
- ✓ ICT: De ICT-systemen en de software die toegewezen kunnen worden aan het logistieke proces (o.a. routingsoftware, RFID-scanner, printers, computers).

- ✓ Kantoomateriaal: Al het kantoomateriaal dat aangewend wordt binnen het logistieke proces (o.a. bureaus, stoelen, papier).
- ✓ Onderhoud: Het onderhoud van de infrastructuur (o.a. herstellingen en reiniging) en tevens van het kantoomaterieel en ICT-hardware.
- ✓ Energie: De energie voor onder andere licht en verwarming.
- ✓ Verzekering: De verzekering van zowel personeel, infrastructuur als materieel.
- ✓ Financiering: De financieringskost (intrest) die betaald werd indien de infrastructuur, de ICT-systemen en/of het kantoomateriaal werd aangekocht met vreemde middelen.
(Strategische Werkgroep Multimodaal Transport, 2006)

Er wordt door de werkgroep wel de nadruk op gelegd dat de meeste van bovenstaande componenten betrekking hebben op meerdere processen of afdelingen tegelijkertijd en dat daardoor enkel het gedeelte dat betrekking heeft op het logistieke proces in deze berekening mag worden meegenomen.

5.2.6 Kwaliteitsattributen

Als laatste, en deels ook als aanvullend deel van het beslissingsondersteunend model van het VIL, is er de vergelijking van vervoersoplossingen op basis van kwalitatieve elementen als aanvulling op de kwantitatieve elementen. Om te bepalen welke vervoerswijze de voorkeur verdient, wordt een MCDM⁷-analyse uitgevoerd. De handleiding bij het model van het VIL geeft wel aan dat het doel van deze analyse niet is om dé juiste of dé meest geschikte vervoersoplossing aan te geven. Het instrument moet eerder gezien worden als beslissingsondersteunend en richtinggevend. Het mag dus niet gebruikt worden als een *black-box*, waar men gegevens in stopt en hoopt dat er een optimale oplossing zal uitkomen. Het doel is echter de beslissingnemer te helpen om op een gefundeerde manier het aantal geschikte of haalbare alternatieven te reduceren van een *long list* naar een *short list*.

⁷ MCDM (*Multi-Criteria Decision Making*) is een interessante aanpak ter ondersteuning van beslissingen waarbij verschillende factoren of criteria die niet steeds in monetaire termen uit te drukken zijn, een rol spelen. Er moet vaak een afweging gemaakt worden tussen de prestaties van alternatieve oplossingen voor die verschillende criteria om uiteindelijk de "beste" keuze (beslissing) aan te duiden. (Vannieuwenhuysse et al., 2005)

De criteria die volgens de Strategische Werkgroep Multimodaal Transport (2006) meegenomen kunnen worden in de MCDM-analyse zijn: totale logistieke kost, betrouwbaarheid, frequentie, flexibiliteit, capaciteit, netwerkdichtheid, veiligheid, impact, imago, tracking & tracing, regelgeving en wetgeving en strategische elementen. De betekenis van een aantal van deze criteria werd reeds aangegeven in tabel 6. Voor de andere criteria wordt hieronder weergegeven wat ze inhouden.

- ✓ TLK (of Totale Logistieke Kost)⁸: De totale logistieke kost exclusief de kost voor kwaliteitsattributen.
- ✓ Impact: De controle die men als verlader heeft op de vervoerstromen.
- ✓ Tracking en tracing: Elektronische informatiestroom voor de opvolging van de verzending.

In het model is ook de mogelijkheid voorzien om extra criteria toe te voegen. Zo kan de onderneming indien nodig en gewenst nog andere criteria opnemen dan degene die hier werden vermeld.

In het Excel-bestand van het model van het VIL (zie bijlage 19), zijn er, naast de kolom die bovenstaande criteria bevat, kolommen terug te vinden waarin het relatieve gewicht van de verschillende factoren ten opzichte van elkaar wordt bepaald. Verder zijn er kolommen voor het huidige proces en de verschillende alternatieven. Hierin wordt aan de verschillende factoren een score van nul tot tien gegeven. Op basis van deze score en het gewicht kan per vervoersoplossing een gewogen gemiddelde berekend worden. Dit gewogen gemiddelde geeft een indicatie voor het meer of minder geschikt zijn van de alternatieve vervoersoplossing. (Strategische Werkgroep Multimodaal Transport, 2006)

Om gewichten toe te kennen aan de verschillende kenmerken, moet eerst worden nagegaan welke factoren en criteria door het bedrijf zullen opgenomen worden in de analyse. Hierbij moet de beslissing genomen worden of er enkel kwalitatieve of kwantitatieve elementen worden meegenomen in de analyse of beide. Zo kan er geopteerd worden om de totale logistieke kost niet in deze MCDM-analyse mee op te nemen of net wel. Dit is vooral afhankelijk van het feit of de beslissingnemer het nodig acht om een afweging te maken tussen zowel de kwantitatieve als de kwalitatieve kenmerken of enkel tussen de kwalitatieve kenmerken.

Uiteraard moet voor het invullen van de MCDM-matrix een reeks data verzameld worden. Dit gebeurt meestal via de Delphi-methode. "Delphi is een iteratief proces, waarin deelnemers met een zekere expertise in een bepaald domein tijdens opeenvolgende ronden individueel ondervraagd worden aan de hand van een schriftelijke of elektronische vragenlijst met gesloten of open karakter. In elke ronde vult de deelnemer de vragenlijst in en krijgt vervolgens feedback van andere participanten. Daarna vult men de vragenlijst opnieuw in, waarbij men de antwoorden die in strijd

⁸ Dit is het enige kwalitatieve element dat in de MCDM-analyse opgenomen wordt, de rest zijn allemaal kwantitatieve elementen.

waren met de reacties van anderen duidelijk beargumenteert en becommentarieert. Het is uiteraard ook mogelijk dat de opvattingen van de deelnemers - op basis van de nieuwe informatie - in een andere richting evolueren. Men herhaalt dit proces zolang als nodig is. Meestal streeft men enige consensus na." (Delphi-methode, 2006)

De Delphi-methode wordt, volgens de Strategische Werkgroep Multimodaal Transport (2006), in dit geval gebruikt omdat het belangrijk is dat de verschillende *stakeholders*, die betrokken zijn bij het huidige logistieke proces, ook betrokken worden bij het beslissingsproces. Om te beginnen vult elke *stakeholder* de MCDM-matrix in voor de verschillende alternatieven. Meestal zullen de individuele preferenties in elkaars lijn liggen. Het zal echter zeer zelden voorkomen dat ze voor 100% overeenstemmen. Ongeacht hoe groot de afwijking is tussen de individuele scores van de *stakeholders*, moet er in een tweede stap naar een consensus worden gestreefd. Een mogelijkheid om deze consensus te bereiken, is het organiseren van een *workshop* waarin de deelnemers proberen om één matrix op te stellen waarin iedereen zich kan vinden. Deze matrix dient als basis voor het bepalen welke alternatieven meer gedetailleerd kunnen bekeken worden. (Strategische Werkgroep Multimodaal Transport, 2006)

5.3 Vergelijking van het beslissingsondersteunend model van het Vlaams Instituut voor de Logistiek met de literatuur

In het verleden is er reeds heel wat geschreven over multimodaal goederenvervoer, de totale logistieke kost en zijn componenten. Zo denken we bijvoorbeeld aan Baumol en Vinod (1970), Macharis en Verbeke (1999), Vernimmen en Witlox (2003) en Vannieuwenhuysse (2002). Vandaar dat in deze paragraaf ingegaan wordt op de manier waarop de componenten van de totale logistieke kost in de literatuur besproken worden. Verder zal er ook aandacht besteed worden aan de verschillen en overeenkomsten tussen het beslissingsondersteunend model van het VIL en de geraadpleegde literatuur. Achtereenvolgens worden de transportkosten, transporttijdkosten, overslagkosten, voorraadkosten, interne bedrijfskosten en kwaliteitsattributen besproken.

5.3.1 Transportkosten

Een eerste en meteen ook één van de belangrijkste componenten van de totale logistieke kost, bestaat uit de transportkosten. Verschillende auteurs blijken het in grote mate eens te zijn over de manier waarop de transportkosten moeten berekend worden. In het oorspronkelijke model van Baumol en Vinod (1970) wordt gesproken van de *direct shipping cost*. Deze berekenen ze door de kosten per getransporteerde eenheid (inclusief *freight rate*, verzekering, etc.) te vermenigvuldigen met de hoeveelheid die vervoerd wordt. Vernimmen en Witlox (2003) verwijzen in hun paper over het *inventory-theoretic* model eveneens naar de berekening van de transportkosten van Baumol en Vinod uit 1970. Zij geven hierbij echter als opmerking dat Baumol en Vinod uitgaan van een constante transportkost per eenheid en dat de transportkosten dus niet variëren met het

getransporteerde volume of de afstand. Deze veronderstelling is niet altijd even realistisch volgens Vernimmen en Witlox (2003). Door het bestaan van economische schaalopbrengsten dalen de transportkosten per eenheid wanneer de vervoerde hoeveelheid stijgt. Om dit probleem op te lossen, paste Langley in 1980 het model van Baumol en Vinod aan. Hij omschreef een aantal alternatieve relaties tussen de vervoerde hoeveelheid en de transportkost per eenheid. Langley (1980), geciteerd door Vernimmen en Witlox (2003), stelt dat wanneer Q de economische bestelhoeveelheid voorstelt, de volgende relaties⁹ geformuleerd kunnen worden:

- ✓ een proportionele relatie: $r = a - bQ$
- ✓ een exponentiële relatie: $r = a + bc^Q$ met $0 < c < 1$
- ✓ een inverse relatie: $r = a + \frac{b}{Q}$
- ✓ een discrete relatie waarbij de transportkosten per eenheid constant zijn over een bepaald interval Q en waarbij de transportkosten per eenheid dalen vanaf een bepaald minimum van vervoerde goederen. (Vernimmen en Witlox, 2003)

Hierbij is:

- ✓ a = de bestel- en verwerkingskosten per vracht
- ✓ b = de daling in de transportkost per eenheid voor elke stijging van Q met één eenheid
- ✓ r = transportkost per eenheid (inclusief vrachttarief, laden en lossen, verzekering,...)

Ook Vannieuwenhuysse (2002) geeft een berekening voor de transportkosten. Hij drukt ze uit in de volgende formule:

$$TK = \delta \times d_{ist} + \theta \times T_T + TC_{ext}$$

Met:

- ✓ TK = transportkost
- ✓ δ = gemiddelde afstandscoëfficiënt (transportkost veroorzaakt door vervoer over één kilometer) (EUR/km)
- ✓ d_{ist} = afgelegde afstand tijdens het vervoer (km)
- ✓ θ = gemiddelde tijdscoëfficiënt (transportkost veroorzaakt door de nood aan het gebruik van de transportaccommodatie voor één uur) (EUR/uur)
- ✓ T_T = tijd nodig voor de rit (uur)
- ✓ TC_{ext} = extra transportkost voor de betreffende rit

Het is uiteraard logisch dat alle auteurs het er over eens zijn dat de transportkosten deel uitmaken van de totale logistieke kosten. Het enige wat bij sommige auteurs verschilt, is vanzelfsprekend de manier waarop deze kostencomponent berekend wordt. Bepaalde auteurs (bijv. Vernimmen, 2004)

⁹ Een grafische weergave van deze relaties is terug te vinden in bijlage 10.

geven enkel aan dat deze kost moet opgenomen worden, maar ze geven niet uitdrukkelijk aan op welke manier deze kost moet berekend worden.

5.3.2 Transporttijdskosten

Naast de transportkosten, zijn er ook kosten verbonden aan de tijd dat de goederen onderweg zijn. Baumol en Vinod (1970) bespreken in hun analyse vier soorten kosten. Eerst zijn er de directe transportkosten, die beschreven werden in de vorige paragraaf. Verder is er ook nog sprake van *in-transit* voorraadkosten (voorraadkosten van de goederen die onderweg zijn), bestelkosten en de voorraadkosten van de ontvanger. De *in-transit* voorraadkost waar de auteurs van spreken, kan beschouwd worden als de transporttijdkost. Het is immers de kost van de goederen die als voorraad worden aangehouden tijdens het transport. Deze kost wordt door Baumol en Vinod (1970) als volgt berekend: *totale in-transit voorraadkost = kost per tijdseenheid x transittijd (oftewel transporttijd) x verscheepte hoeveelheid*. Vermits Vernimmen en Witlox (2003) zich in hun paper vooral baseren op het werk van Baumol en Vinod uit 1970 komt hun bespreking op hetzelfde neer als hierboven reeds werd aangehaald. Zij geven aan dat de berekening van de jaarlijkse transporttijdkost er als volgt uit ziet: *in-transit voorraadkost per eenheid per jaar x gemiddelde transporttijd (in jaar) x aantal transporten*.

Vernimmen (2004) geeft in zijn formule voor de totale logistieke kost ook een formule voor het berekenen van de voorraadkosten van goederen die onderweg zijn. De formule ziet er als volgt uit:

voorraadkosten tijdens het vervoer = $\frac{L \times w \times h_w}{365}$. Met:

- ✓ L = gemiddelde levertijd van de vervoersmodus (EUR per ton, container, ...)
- ✓ w = waarde van de goederen (EUR per ton, container, ...)
- ✓ h_v = *holding cost* tijdens het vervoer (% per jaar).

Voor de berekening van de transporttijdskosten, geeft Vannieuwenhuyse (2002) de volgende formules:

$$TTC = \alpha \times T_T \times D$$

$$T_T = \frac{\left(\frac{d_{ist}}{\bar{s}} + t_e \right)}{h_w}$$

$$\bar{s} = s_{\max} \times (1 - q)$$

$$\alpha = (i + b + r_{it}) \times W$$

Met:

- ✓ α = waarde van de tijd; de kost om één eenheid gedurende één jaar op de weg te hebben (EUR/(eenheid x jaar))
- ✓ T_T = gemiddelde tijd die nodig is om goederen te vervoeren van A naar B (jaar)
- ✓ D = jaarlijkse vraag (aantal eenheden/jaar)
- ✓ d_{ist} = afstand die wordt afgelegd in de betreffende rit (km)
- ✓ $\bar{s}$ = gemiddelde snelheid (km/u)
- ✓ s_{max} = maximumsnelheid (km/u)
- ✓ q = vertragsingsfactor die rekening houdt met congestie, stakingen, etc.
- ✓ h_w = aantal uren in een jaar (365,25 dagen/jaar x 24u/dag = 8766 u/jaar)
- ✓ t_e = specifiek tijdsverlies (u), door bijv. grenzen, sluitingen, etc.
- ✓ W = waarde van één eenheid van het vervoerde goed (EUR/eenheid)
- ✓ i = opportuiniteitskost van het geïnvesteerde kapitaal (EUR/(EUR x jaar))
- ✓ De opportuiniteitskost van kapitaal wordt gedefinieerd als het *Return On Investment* (ROI) percentage dat men kan behalen op het tweede meest aantrekkelijke alternatief waarvan men geen gebruik kan maken omdat besloten werd de beschikbare middelen te investeren in voorraden.
- ✓ b = bederfbaarheidsfactor, afhankelijk van het soort goederen (EUR/(EUR x jaar))
- ✓ De bederfbaarheidsfactor wordt gedefinieerd als het percentage van de goederen dat (economisch en fysisch) verouderd raakt gedurende één jaar tijdens het transport.
- ✓ r_{it} = risicofactor (schade of verlies), afhankelijk van de transportmodus (EUR/(EUR x jaar))
- ✓ De risicofactor wordt gedefinieerd als het percentage van de goederen dat verloren gaat of beschadigd raakt gedurende één jaar tijdens het transport. (Vannieuwenhuyse, 2002)

De transporttijdkosten worden gevormd door drie componenten. Meer bepaald α , T_T en D . Deze componenten bestaan op hun beurt weer uit andere deelcomponenten. Zo wordt de tijdswaarde (α) bepaald door het product van de waarde van één eenheid van het goed en de som van de opportuiniteitskost, de bederfbaarheidsfactor en de risicofactor. De gemiddelde tijd (uitgedrukt in jaar) die nodig is om een transport uit te voeren van A naar B (T_T), wordt berekend door de tijd die nodig is voor één rit te delen door het totaal aantal uren per jaar. De tijd die nodig is voor één rit wordt dan weer berekend door de afgelegde afstand te delen door de gemiddelde snelheid. Hierbij telt men de specifieke tijdsverliezen op die verbonden zijn aan het betreffende transport om te komen tot de totale tijd die nodig is voor één rit. De gemiddelde snelheid ($\bar{s}$) wordt op haar beurt berekend door de maximaal toegestane snelheid te vermenigvuldigen met 'één verminderd met de vertragsingsfactor voor congestie, stakingen, etc'.

Indien we de laatste berekeningswijze vergelijken met deze die in het model van het VIL wordt toegepast, zien we dat deze methodes in grote mate overeenstemmen. Het VIL maakt voor de berekening van de transporttijd kost gebruik van volgende formule (cf. Paragraaf 5.2.2): *Transporttijd kost (EUR) = [waardering tijd (%)] × [gemiddelde tijd per geladen transport (jaar)] × [jaarlijks getransporteerde waarde (EUR)]*.

Dit komt overeen met de herschreven vorm van de formule uit Vannieuwenhuyse (2002), namelijk:

$$TTC = [(i + b + r_{it})] \times [T_T] \times [W \times D]$$

Uit het bovenstaande blijkt dat sommige auteurs vrij ver in detail gaan bij de bepaling van de transporttijd kosten. Dit is uiteraard zeer goed indien het doel is om te komen tot een exacte berekening van de transporttijd kosten. Echter voor het beslissingsondersteunend model van het VIL is dit geen vereiste, vermits het doel van dit model eerder bestaat in het scheppen van een algemeen beeld van de totale logistieke kost in plaats van een exacte berekening ervan. Indien een dergelijke gedetailleerde berekening zou worden opgenomen in het model van het VIL, zullen bedrijven niet meer zo snel geneigd zijn om het toe te passen, omdat ze veel meer werk gaan hebben met het nauwkeurig verzamelen van de gegevens. De meerwaarde die deze exactere berekening zou hebben voor de onderneming weegt waarschijnlijk niet op tegen de extra kost die ontstaat voor het verzamelen van de gegevens.

5.3.3 Overslagkost

Wanneer goederen getransporteerd worden met één of meerdere modi, moeten ze geladen of overgeladen worden van de ene op de andere modus. Dit proces wordt ook wel overslag genoemd. Aan deze overslag zijn kosten verbonden, namelijk de overslagkosten. Overslagkosten worden in de literatuur soms ondergebracht bij de handlingkosten. Zo omschrijft Vannieuwenhuyse (2002) handlingkosten (HaC) als "de kosten voor de behandeling van de instroom en uitstroom van goederen". Hieronder verstaat hij "het verpakken en uitpakken, het laden en lossen, de opslag en het uit de voorraad halen van goederen". De totale handlingkost hangt af van het volume van de inkomende en uitgaande goederenstroom. Volgens Vannieuwenhuyse (2002) is de handlingkost soms ook afhankelijk van de transportmodus.

Als formule voor de berekening van de handlingkost geeft Vannieuwenhuyse (2002) de volgende formule: $HaC = D \times c_{Hand}$. Met:

- ✓ D = de jaarlijkse vraag (aantal eenheden/jaar)
- ✓ c_{Hand} = de gemiddelde handlingkost per eenheid (EUR/eenheid).

Bij c_{Hand} vermeldt Vannieuwenhuyse (2002) nog dat deze kost de kosten voor het personeel en de uitrusting bevat om de goederen eerst in het magazijn te zetten (instroom van goederen) en ze daarna weer uit het magazijn te halen (uitstroom van goederen).

Opmerkelijk is wel dat bij verschillende auteurs, zoals bijvoorbeeld Vernimmen (2004) en Baumol en Vinod (1970) geen melding wordt gemaakt van overslagkosten of handlingkosten. Het is echter niet altijd even duidelijk of deze ergens anders in hun model zijn opgenomen. Door navraag bij de heer Vernimmen werd echter duidelijk dat deze wel degelijk opgenomen werden in de berekeningen. In zijn paper maakt hij inderdaad geen aparte vermelding van de overslagkosten. De transportkosten die gerapporteerd worden in de paper zijn inclusief de kosten van goederenoverslag. Dit komt omdat het transportbedrijf in kwestie enkel het totaalcijfer had meegedeeld en geen opsplitsing had gemaakt naar transportkosten en overslagkosten.

Onduidelijkheid betreffende de overslagkost doet zich ook voor bij Baumol en Vinod (1970). Bij hen is het mogelijk dat deze kosten zijn opgenomen in de voorraadkosten of in de transportkosten. Uiteraard is het ook mogelijk dat deze kosten in hun geheel niet zijn opgenomen in het model. Dit zou echter betekenen dat het model minder accuraat is in het berekenen van de totale logistieke kost. Ook bij Vernimmen en Witlox (2003) is niets terug te vinden over handlingkosten of overslagkosten.

5.3.4 Voorraadkosten

Vermits voorraadkosten meestal toch wel een belangrijk aandeel vertegenwoordigen in de totale logistieke kosten, komen ze in de literatuur over dit onderwerp steeds terug. Baumol en Vinod (1970) maken geen onderscheid in verschillende soorten voorraden, zoals sommige andere auteurs wel doen die hierna aan bod komen. Baumol en Vinod (1970) berekenen enkel de voorraadkost van de ontvanger. Deze kost berekenen ze aan de hand van volgende formule: voorraadkost van de ontvanger = voorraadkost per eenheid per jaar x gemiddelde voorraadniveau. Anders uitgedrukt wordt dit: $\text{voorraadkost van de ontvanger} = \frac{w \times s \times T}{2}$ met:

- ✓ w = de voorraadkost per eenheid per jaar
- ✓ s = de gemiddelde tijd tussen verschillende zendingen uitgedrukt in jaren
- ✓ T = de totale hoeveelheid getransporteerd per jaar.

De redenering achter deze formule is dat T eenheden per jaar geleverd worden, verspreid over het jaar met intervallen met een lengte s (een fractie van een jaar). Elke keer moeten er dus s x T eenheden geleverd worden. De T eenheden in voorraad (geen veiligheidsvoorraad) zullen geleidelijk aan opgebruikt worden, zodat de gemiddelde voorraad gelijk is aan $\frac{(s \times T)}{2}$.

Andere auteurs, zoals Vannieuwenhuyse (2002), Vernimmen (2004) en Vernimmen en Witlox (2003) maken een opdeling van de voorraadkosten naar cyclische voorraadkosten en kosten voor de veiligheidsvoorraad. Hieronder zal beknopt worden weergegeven hoe de verschillende auteurs deze kosten berekenen in het zicht van de totale logistieke kost. Voor een meer uitgebreide bespreking van de voorraden en verschillende voorraadmodellen wordt verwezen naar hoofdstuk 7.

Vannieuwenhuyse (2002) geeft aan dat de voorraadkost bestaat uit de opportuniteitskost van het geïnvesteerde kapitaal, de kosten voor het exploiteren van een magazijn, de kosten voor specifieke opslagvereisten en de kosten veroorzaakt door schade, diefstal, veroudering of verslechtering van de voorraad, verzekering en belastingen. De voorraad is te wijten aan het feit dat de goederen geleverd worden op discrete tijdstippen met een bestelhoeveelheid Q , terwijl de vraag meer gespreid is over de hele periode. De volgende formule berekent de jaarlijkse voorraadkost voor zowel de cyclusvoorraad, de veiligheidsvoorraad en de extra voorraden.

$$HC = r \times W \times \bar{I}$$

$$r = (i + b + r_{iw} + w)$$

$$\bar{I} = \frac{Q}{2} + SS + OS$$

Met:

- ✓ r = kost (uitgedrukt in EUR) voor het aanhouden van één euro voorraad gedurende één jaar. Total inventory rate (EUR/(EUR x jaar)). Dit is de som van de opportuniteitskost, de bederfelijkheidsfactor, de risicofactor en de kosten voor de opslagplaats.
- ✓ W = waarde van één eenheid van de goederen (EUR/eenheid)
- ✓ $\bar{I}$ = gemiddelde voorraadhoogte, i.e. het gemiddeld aantal goederen in voorraad (eenheden)
- ✓ Q = bestelde hoeveelheid, i.e. het aantal eenheden in één order (aantal eenheden/bestelling)
- ✓ SS = hoogte van de veiligheidsvoorraad (eenheden)
- ✓ OS = extra voorraad buiten de cyclus- en de veiligheidsvoorraad, bijvoorbeeld anticipatievoorraad, speculatieve voorraad en ontkoppelingsvoorraden (eenheden)
- ✓ i = opportuniteitskost van het geïnvesteerde kapitaal (EUR/(EUR x jaar)). De opportuniteitskost van kapitaal wordt gedefinieerd als het *return on investment* (ROI) percentage dat kan verdiend worden op het tweede meest aantrekkelijke alternatief waaruit geen voordeel kan worden behaald als gevolg van de beslissing om de beschikbare fondsen te investeren in voorraden.
- ✓ b = bederfelijkheidsfactor, afhankelijk van het soort goederen (EUR/(EUR x jaar)).
- ✓ r_{iw} = risicofactor (schade of verlies), afhankelijk van de opslagomstandigheden (EUR/(EUR x jaar)). De risicofactor wordt gedefinieerd als het (verwachte) percentage van de goederen die verloren of beschadigd raken wanneer ze gedurende één jaar op voorraad liggen.
- ✓ w = kosten voor de opslagplaats (EUR/(EUR x jaar)). Deze kost bestaat uit de kost voor de gebouwen, de infrastructuur, de faciliteiten, het toezichthoudende personeel en de verzekering om één eenheid (met een waarde van één euro) in voorraad te houden. (Vannieuwenhuyse, 2002)

Vernimmen en Witlox (2003) verwijzen bij hun bespreking van de voorraadkosten onder meer naar Baumol en Vinod. Ze schrijven dat Baumol en Vinod (1970) geen cyclusvoorraad aan de oorsprong opnemen in hun kostenmodel. Voor de berekening van de cyclische voorraadkost geven Vernimmen en Witlox (2003) volgende formule: $\frac{w \times s \times T}{2}$. Deze formule en de gebruikte symbolen komen overeen met de formule voor de voorraadkost van de ontvanger van Baumol en Vinod (1970) welke eerder reeds beschreven werd.

Vernimmen (2004) geeft nog een andere formule voor het berekenen van de cyclische voorraadkost, namelijk: cyclische voorraadkost = $\frac{1}{R} \times \frac{Q}{2} \times w \times h_m$ met:

- ✓ R = jaarlijks volume dat vervoerd moet worden (ton, containers,...)
- ✓ Q = partijgrootte van de vervoersmodus (ton, containers,...)
- ✓ w = waarde van de goederen (EUR per ton, per container, ...)
- ✓ h_m = *holding cost* in het magazijn (% per jaar)

Als redenering achter deze formule schrijft Vernimmen (2004) het volgende: "gemiddeld gezien ligt de halve partijgrootte $\frac{Q}{2}$, in cyclische voorraad op de plaats van bestemming. Vermenigvuldigen we dit getal met de waarde w van de goederen en de jaarlijkse voorraadkosten in het magazijn h_m dan bekomen we de jaarlijkse kosten van cyclische voorraad. Om de cyclische voorraadkosten per eenheid (ton, container,...) te bekomen, volstaat het om dit getal te delen door het jaarlijkse volume R."

Ook wat de kosten van de veiligheidsvoorraad betreft zijn er verschillende formules terug te vinden. Vannieuwenhuyse (2002) schrijft hierover dat de kost van de veiligheidsvoorraad de kost voorstelt die gemaakt wordt om de onderneming in te dekken tegen onzekerheid (bijvoorbeeld tegen onzekerheid met betrekking tot de vraag van de klant of tot de lead time). De veiligheidsvoorraad wordt, volgens Vannieuwenhuyse (2002), gedefinieerd als het gemiddelde niveau van de netto-voorraad juist voor een aanvulling van de voorraad plaatsvindt. Hoe hoger de veiligheidsvoorraad is, hoe kleiner de kans op een voorraadbreek en hoe hoger het *serviceniveau* zal zijn. Verder geldt ook: hoe groter de variabiliteit van de vraag, hoe hoger de veiligheidsvoorraad.

Vernimmen en Witlox (2003) geven een formule voor de berekening van de kost van de veiligheidsvoorraad. Deze ziet er als volgt uit: kost veiligheidsvoorraad = $w \times K \times \sqrt{(s+t)*T}$. Hierin is:

- ✓ w = de kosten voor de opslagplaats per eenheid per jaar
- ✓ K = een constante die afhangt van de gespecificeerde kans dat er zich geen voorraadbreek voordoet gedurende de lead time

- ✓ s = de gemiddelde tijd tussen twee verzendingen (uitgedrukt in jaar)
- ✓ t = de gemiddelde tijd die nodig is voor een volledige verzending (eveneens uitgedrukt in jaar).
- ✓ T = de totale hoeveelheid uitgedrukt in eenheden die per jaar getransporteerd wordt.

Vernimmen (2004) gaat in zijn berekening van de totale logistieke kost ook in op de kosten voor de veiligheidsvoorraad. Zijn formule ziet er als volgt uit:

kosten veiligheidsvoorraad = $\frac{1}{R} \times w \times h_m \times K \times \sqrt{(i * v) + (V^2 * L)}$. Hierin is:

- ✓ R = het jaarlijkse volume dat vervoerd wordt
- ✓ w = de waarde van de goederen
- ✓ h_m = de *holding costs* voor het magazijn
- ✓ K = een veiligheidsfactor (net zoals in de vorige alinea).

De laatste factor van de formule geeft een beeld van de variabiliteit van de vraag. In bovenvermelde formule is:

- ✓ i = de gemiddelde lead time (dagen)
- ✓ v = de variantie voor van de dagelijkse vraag (eenheden²/dag)
- ✓ V = de gemiddelde dagelijkse vraag (eenheden/dag)
- ✓ L = staat voor de variantie in de lead time (dagen²).

Ook Vannieuwenhuyse (2002) geeft deze formule bij de berekening van de kosten voor de veiligheidsvoorraad, zij het dan met een andere notatie.

5.3.5 Interne bedrijfskosten

Interne bedrijfskosten, zoals deze kostensoort door het VIL genoemd wordt, komen onder deze benaming niet voor in de literatuur. Het is daarom ook moeilijk te bepalen welke kosten, die sommige auteurs nog extra opnemen in de totale logistieke kost, ressorteren onder de interne bedrijfskosten in het model van het VIL. Soms worden er door bepaalde auteurs echter kosten opgenomen in de totale logistieke kost die zouden kunnen behoren tot deze rubriek. Zo zijn er bijvoorbeeld de kosten voor het plaatsen van een order, oftewel orderkosten, die tot deze kosten gerekend zouden kunnen worden. Auteurs als Baumol en Vinod (1970) nemen deze kost op in hun berekeningen. De orderkost is bij hen gelijk aan $\frac{a}{s}$, waarbij:

- ✓ a = de kosten voor het bestellen en het verwerken van een verzending
- ✓ s = de gemiddelde tijd tussen verzendingen uitgedrukt in jaren.

Vermits Vernimmen en Witlox (2003) zich vooral baseren op het werk van Baumol en Vinod (1970) is het logisch dat zij dezelfde formule hanteren voor deze berekening.

Vernimmen (2004) neemt geen kosten expliciet op in zijn berekening die kunnen vallen onder de interne bedrijfskosten. Vannieuwenhuyse (2002) neemt bij de berekening van de totale logistieke kost onder meer de *replenishment costs* op. Dit zijn de kosten voor het aanvullen van de voorraad. Deze kan men toerekenen aan de interne bedrijfskost. Men zou ze echter ook kunnen toewijzen aan de voorraadkosten.

5.3.6 Kwaliteitsattributen

Bovenstaande geeft misschien de indruk dat voor de berekening van de totale logistieke kost enkel de kwantitatieve aspecten belangrijk zijn. Dit is echter niet het geval. Indien er enkel rekening wordt gehouden met de kwantitatieve elementen, zal een vertekend beeld gevormd worden van de verschillende vervoersmodi. Vandaar dat sommige auteurs, zoals Vannieuwenhuyse en Pintelon (2002), Danielis en Rotaris (1999) en Bollis en Maggi (2003), ook melding maken van kwalitatieve aspecten die in beschouwing moeten worden genomen.

Kwalitatieve elementen zijn elementen die moeilijk in geldwaarde uit te drukken zijn. Vermits ze niet zomaar uit de analyse weggelaten kunnen worden, moeten er manieren gevonden worden om ze in de vergelijking van verschillende vervoersalternatieven op te nemen. Dit is echter geen eenvoudige opdracht en opvallend is dat er in de literatuur veel minder terug te vinden is over de kwalitatieve elementen dan over de kwantitatieve elementen.

Auteurs zoals Liberatore en Miller (1995), Danielis en Rotaris (1999), Vannieuwenhuyse en Pintelon (2002), Danielis, Marcucci en Rotaris (2005), Bolis en Maggi (2003), Vannieuwenhuyse (2002) en Vandaele en Witlox (2004 en 2005) gaan verder in op de manieren om kwaliteitsattributen te beschouwen bij de keuze van een geschikte vervoersmodus. Zo wordt er door verschillende auteurs gesproken over een *stated preference* benadering. Dit is onder meer terug te vinden bij Danielis en Rotaris (1999), Danielis, Marcucci en Rotaris (2005), Bolis en Maggi (2003) en Vandaele en Witlox (2004 en 2005). Op deze benadering wordt in deze eindverhandeling echter niet verder ingegaan daar deze benadering niet toegepast wordt in het beslissingsondersteunend model van het VIL. In dit model wordt gebruik gemaakt van een *Multi Criteria Decision Making* (MCDM)-analyse. Vandaar dat hier verder zal ingegaan worden op de literatuur over deze methode.

Vannieuwenhuyse (2002) is van mening dat in beslissingsprocessen de kwalitatieve elementen, ook wel *intangibles* genoemd, verkeerdelijk genegeerd worden. Hij schrijft dat, hoewel de voor- en nadelen van deze kwalitatieve elementen moeilijk te kwantificeren zijn, er geen reden is om ze niet op te nemen in een beslissingsproces. Vannieuwenhuyse (2002) geeft voor een *intangible asset*, oftewel een immateriële bezitting, de volgende definitie: "een *intangible asset* is iets waardevol dat een bedrijf bezit, maar dat niet materieel is en moeilijk te kwantificeren, zoals een goede reputatie, een groen imago en een motiverende ondernemingscultuur". Afgaande op deze definitie zijn de kwalitatieve elementen dus de criteria die moeilijk te incorporeren zijn in de formule van de totale

logistieke kost. Vannieuwenhuyse (2002) haalt een aantal belangrijke voorbeelden aan van kwalitatieve elementen die ook naar voor kwamen in de VEV-CIB¹⁰ enquête van 1999. Zo heeft hij het over flexibiliteit, regelgeving en wetgeving, impact, imago en strategische elementen. De definities die hij hieraan geeft komen overeen met de definities die hierboven in paragraaf 5.2.6 en tabel 6 werden gegeven.

Om deze kwalitatieve elementen op te nemen in de analyse verwijst Vannieuwenhuyse (2002) in zijn boek naar de MCDM-methode. Hij bespreekt verschillende MCDM-benaderingen en legt eveneens de link met de vervoerswijzekeuze. Op deze verschillende MCDM-benaderingen zal hier echter niet verder worden ingegaan. De geïnteresseerde lezer wordt doorverwezen naar het betreffende boek.

Ook Vannieuwenhuyse en Pintelon (2002) wijden een onderdeel van hun paper "*Private and public action to deal with the mobility problem*" aan de MCDM-benadering. Hierbij schrijven ze dat de MCDM-benadering een manier is om de vervoerswijzekeuze meer objectief te laten verlopen. De vervoerswijzekeuze is volgens de auteurs multi-dimensioneel. Er zijn verschillende relevante criteria. *Multi Criteria Decision Making* is een beslissingsondersteunende *tool* die verschillende criteria tegelijkertijd in rekening kan brengen. Deze methode bestaat uit twee delen: decompositie en synthese. Hier zal kort op ingegaan worden, doch zonder al te veel in detail te treden.

a) Decompositie

Het verzamelen van gegevens voor een MCDM-analyse kan gebeuren op basis van een aantal vragen. Deze vragen worden door Vannieuwenhuyse en Pintelon (2003) toegepast op de vervoerswijzekeuze. De naam voor deze stap is decompositie. Vragen die hierbij gesteld worden, zijn de volgende:

- ✓ Wat zijn de mogelijke alternatieven (N alternatieven)?
In de transportcontext kan dit vertaald worden in de volgende vraag: Welke zijn de vervoersmodi die in beschouwing moeten worden genomen?
- ✓ Welke zijn de criteria (M criteria)?
Vertaald naar een transportcontext geeft dit volgende vraag: Welke factoren zijn belangrijk om de vervoerswijzekeuze op te baseren? De verschillende factoren kunnen gedefinieerd worden, gebaseerd op de persoonlijke kennis en ervaringen van de beslissingnemer of op voorafgaande ondervragingen van experts en stakeholders.

¹⁰ Vlaams Economisch Verbond – Centrum voor Industrieel Beleid

- ✓ Wat zijn de gewichten van de verschillende criteria?
Het antwoord op deze vraag kan gegeven worden door de beslissingnemer zelf of kan gebaseerd zijn op de schatting van experts en *stakeholders*.
- ✓ Wat zijn de scores (in een MxN-matrix)?
Wat is de prestatie van een alternatief voor een bepaalde factor (criterium)? Deze scores kunnen op dezelfde manier verzameld worden als de gewichten.
(Vannieuwenhuyse en Pintelon, 2003)

b) Synthese

Wanneer de antwoorden op bovenstaande vragen gekend zijn, kan er overgegaan worden tot het verwerken van al deze informatie, om te komen tot het beste alternatief of tot een rangschikking van de transportmodi. Dit wordt volgens Vannieuwenhuyse en Pintelon (2003) ook wel de synthesesetap genoemd. Meestal is een voorkeur voor een bepaald alternatief niet zo uitgesproken. Daarom is een MCDM-model nodig om de knoop door te hakken. In de rest van hun uiteenzetting schrijven Vannieuwenhuyse en Pintelon (2003) nog over de verschillende soorten MCDM-modellen, maar net zoals hierboven reeds werd vermeld, wordt ook hier de geïnteresseerde lezer doorverwezen naar de paper van Vannieuwenhuyse en Pintelon (2003).

Hoofdstuk VI: Kritische aanbevelingen voor het beslissingsondersteunend model van het Vlaams Instituut voor de Logistiek

In dit hoofdstuk worden een aantal kritische aanbevelingen gedaan voor het beslissingsondersteunend model van het VIL. Per kostensoort die in hoofdstuk 5 aan bod kwam, zal hieronder worden aangegeven in welke mate er overeenstemming is tussen het beslissingsondersteunend model van het VIL en de literatuur over modale keuze op basis van de totale logistieke kost. Daarnaast zal ook worden aangegeven of het interessant kan zijn en of het nodig is om het huidige model van het VIL aan te passen of uit te breiden teneinde een beter resultaat te bekomen bij de berekening van de totale logistieke kost.

6.1 Mate van overeenstemming van het beslissingsondersteunend model met de literatuur en mogelijkheden om het model van het Vlaams Instituut voor de Logistiek te verfijnen

6.1.1 Transportkosten

Zoals uit de bespreking van de transportkosten in paragrafen 5.2.1 en 5.3.1 blijkt, stemt de methode waarvan in de voor deze eindverhandeling bestudeerde literatuur gebruik gemaakt wordt grotendeels overeen met de methode die gebruikt wordt in het beslissingsondersteunend model van het VIL. Het enige verschil is dat het VIL expliciet rekening houdt met het feit of het vervoer extern of intern wordt georganiseerd. Vandaar dat het VIL een opsplitsing maakt in de kosten van de externe dienstverleners en kosten van de eigen onderneming.

Blauwens et al. (1996) geven een gelijkaardige interpretatie als het VIL. Zij maken melding van tijdskosten en kilometerkosten, die samen de transportkosten vormen. Wat betreft de tijdskosten maken deze auteurs de vermelding dat onder meer het NEA-Instituut in Nederland (kennisinstituut op het gebied van mobiliteit; zie bijlage 5 voor meer uitleg) een verdere uitsplitsing maakt van de tijdskosten naar personeelsuren en voertuiguren. Het is namelijk niet noodzakelijk zo dat bij een vervoersopdracht de bemanning even lang in beslag genomen wordt als het voertuig. Een voorbeeld hiervan is de situatie waarin een vrachtwagen of oplegger door een veerboot het Kanaal overgebracht wordt, niet begeleid door een chauffeur. In dat geval is de vrachtwagen of oplegger langer bezet dan de chauffeur. Het kan dan nuttig zijn om een opdeling te maken in chauffeurskosten per uur en vrachtwagenkosten per uur. Verfijningen van deze soort zijn, volgens Blauwens et al. (1996), in sommige gevallen absoluut nodig om én de kosten van de transportprestatie op een betrouwbare manier te bepalen én het echte verband te leggen tussen die prestatie en de benodigde capaciteit aan voertuigen en chauffeurs.

Indien een onderneming een heel nauwkeurig beeld wil krijgen van de transportkosten en dus ook van de totale logistieke kosten, moet ze de bovenvermelde opsplitsing in tijdskosten voor de chauffeurs en voor de vrachtwagens doorvoeren. Bij de berekening van de totale logistieke kost, met het oog op het kiezen van een geschikte vervoersmodus, is zulke nauwkeurigheid meestal echter niet vereist. De meerwaarde van de extra nauwkeurigheid die hierdoor wordt verkregen, weegt waarschijnlijk niet voldoende op tegen de kost die ontstaat door het verzamelen van de benodigde gegevens en het maken van de nauwkeurigere berekeningen. In het geval dat er een relatief groot verschil is tussen de tijd dat chauffeurs in dienst zijn en deze dat de vrachtwagens of opleggers in gebruik zijn, kan het wel nuttig zijn om deze opsplitsing te maken. De kosten kunnen hierdoor immers sterker verschillen, wat een invloed kan hebben op de keuze van het transportmiddel.

Voor het beslissingsondersteunend model van het VIL kan het dan ook interessant zijn om een module in te bouwen zodat de gebruiker kan kiezen tot welk niveau van nauwkeurigheid hij wil gaan. Hij moet dan kiezen tussen een meer algemeen niveau van kostenberekening of een meer gedetailleerd niveau waarbij de uitsplitsing gemaakt wordt in tijdskosten en kilometerkosten. Het is echter niet de bedoeling van het model van het VIL om een zeer nauwkeurige berekening te maken van de totale logistieke kost, maar eerder om een algemeen beeld te scheppen dat als hulpmiddel kan dienen bij de vervoerswijzekeuze. Vandaar dat het niet noodzakelijk is dat deze uitbreiding wordt toegevoegd aan het model. Indien echter in de toekomst een grotere nauwkeurigheid zou gewenst zijn, kan het interessant zijn om zulke module in te bouwen in het model.

6.1.2 Transporttijdskosten

In hoofdstuk 5 werd duidelijk dat sommige auteurs verder gaan in de berekening van de transporttijdskosten dan anderen. Zo houden bijvoorbeeld Baumol en Vinod (1970), Vernimmen (2004) en Vernimmen en Witlox (2003) hun berekening relatief eenvoudig. Vannieuwenhuysse (2002) daarentegen gaat verder hierin en houdt rekening met meerdere aspecten. De vraag is echter of voor het maken van een vervoerswijzekeuze dergelijke nauwkeurigheid vereist is.

Bij het verzamelen van de gegevens voor de gevalstudie bij Steenfabrieken Vandersanden, die in hoofdstuk 8 wordt behandeld, bleek dat het voor een bedrijf niet altijd eenvoudig is om alle benodigde gegevens te verzamelen. Vandaar dat het misschien niet zo interessant is om te ver te gaan in de gedetailleerdheid van de formules. Hieruit blijkt dat het beslissingsondersteunend model van het VIL geen verdere aanpassing behoeft vermits het voldoende rekening houdt met de verschillende aspecten zonder hierin echter te ver of te gedetailleerd te gaan. Het doel van het model van het VIL is immers niet om een exact cijfer te plakken op de totale logistieke kost van een bepaald alternatief. Wat het VIL wil bereiken met dit model is het aanreiken van een hulpmiddel bij de vervoerswijzekeuze, waarbij een iets ruwere schatting van de totale logistieke

kosten kan volstaan. Indien een bedrijf echter de exacte kosten wil kennen van verschillende alternatieven, is het beter om gebruik te maken van meer gedetailleerde formules.

6.1.3 Overslagkost

In paragraaf 5.2.3 werd reeds aangegeven dat het model van het VIL de twee componenten van de overslagkost (externe en interne overslagkosten) elk op twee mogelijke manieren berekent. Dit maakt dat het model meer gedetailleerd is wat betreft de uitwerking van deze kosten en de componenten ervan dan de meeste andere modellen die in de voor deze eindverhandeling bestudeerde literatuur aan bod kwamen. Vandaar dat het niet noodzakelijk is om deze component nog verder uit te werken. De relevante items zijn reeds opgenomen in het model.

6.1.4 Voorraadkost

Ter herinnering wordt hier kort nog even herhaald hoe de cyclische voorraadkost in het beslissingsondersteunend model van het VIL wordt bepaald. De cyclische voorraadkost = [Kapitaalkost + Magazijnkost + Fysische bederfbaarheid + Economische bederfbaarheid + Risicofactor voor schade of verlies] x gemiddelde jaarlijkse voorraadwaarde. Wanneer we dit vergelijken met de formules die in hoofdstuk 5 werden besproken, zien we dat er een grote mate van overeenstemming is tussen de verschillende formules. Zo komt bovenstaande berekening overeen met de formule van Vannieuwenhuyse (2002) voor de berekening van deze kost, namelijk $HC = (i + b + r_{iw} + w) \times W \times \bar{I}$. Voor de verklaring van de symbolen wordt verwezen naar paragraaf 5.3.4 waar deze symbolen verder verduidelijkt zijn.

Wat de cyclische voorraadkost betreft, kan dan ook geconcludeerd worden dat het model van het VIL geen aanpassing behoeft. Het komt reeds goed overeen met wat andere auteurs hierover geschreven hebben zoals hierboven reeds werd aangegeven.

Een andere voorraadkost die ter sprake komt, is de kost voor de veiligheidsvoorraad. Opmerkelijk hierbij is dat deze nergens rechtstreeks terug te vinden is in het model van het VIL. Hier is immers niet expliciet rekening mee gehouden door het VIL. Het model maakt wel gebruik van de actuele voorraad, maar zonder onderscheid te maken tussen veiligheidsvoorraad en cyclische voorraad. Het anticiperen op tekorten door middel van een veiligheidsvoorraad is dus niet opgenomen in het beslissingsondersteunend model. Het is echter zeer goed mogelijk dat een bedrijf een veiligheidsvoorraad aanlegt om zich in te dekken tegen mogelijke risico's die zich zouden kunnen voordoen. Zo zijn er bijvoorbeeld risico's verbonden aan het invoeren van een nieuw proces. Om zich te beschermen tegen deze risico's kunnen de voorraden aangepast worden. Immers wanneer een nieuw proces minder betrouwbaar is, kan het interessant zijn om extra veiligheidsvoorraden aan te leggen. De link tussen de betrouwbaarheid van een proces en het niveau van de voorraad is echter tot nu toe niet geïncorporeerd in het model van het VIL. Bij de bespreking van de

verschillende voorraadmodellen in hoofdstuk 7 wordt verder ingegaan op een model dat rekening houdt met een veiligheidsvoorraad en een gewenst serviceniveau.

6.1.5 Interne bedrijfskosten

Zoals blijkt uit de omschrijving van de interne bedrijfskosten in paragraaf 5.2.5 zijn er reeds heel wat kosten die door het VIL in de totale logistieke kosten worden opgenomen. Verder biedt het model aan de gebruikers de mogelijkheid om deze reeks kosten nog aan te vullen met kosten die zij zelf belangrijk achten om op te nemen in deze berekening. Dit werd gerealiseerd door het toevoegen van een categorie 'overige'. Zo kunnen de bedrijven zelf bepalen welke kosten ze nog opnemen in de berekening van de totale logistieke kost en welke niet. Vandaar dat er op gebied van de interne bedrijfskosten in deze eindverhandeling geen aanbevelingen gedaan worden om het model van het VIL aan te passen of te vervolledigen.

6.1.6 Kwaliteitsattributen

Zoals uit paragraaf 5.3.6 reeds is gebleken, voorziet het beslissingsondersteunend model van het VIL in de mogelijkheid om kwalitatieve elementen op te nemen. Dit gebeurt aan de hand van een MCDM-analyse. Hierdoor voorziet het model in de mogelijkheid om de factoren betrouwbaarheid, flexibiliteit, frequentie, capaciteit, netwerkdichtheid, veiligheid, impact, imago, *tracking* en *tracing*, regelgeving en wetgeving en strategische elementen op te nemen in de berekeningen. Verder is ook de mogelijkheid opengelaten om nog extra factoren op te nemen in de berekeningen en om de kwalitatieve factoren te evalueren samen met de totale logistieke kost of los ervan. Dit laatste wordt bereikt door het bieden van de mogelijkheid om aan de totale logistieke kost een gewicht toe te kennen. Indien men de kwalitatieve en kwantitatieve kenmerken van een modus apart wil bestuderen, kan aan de totale logistieke kost een gewicht van 0 procent toegekend worden, waardoor deze niet wordt opgenomen in de MCDM-analyse.

In hoofdstuk 5 werd reeds aangegeven dat bovenvermelde kwalitatieve factoren moeilijk in een monetaire waarde uit te drukken zijn. Het feit dat dit moeilijk is, wil daarom echter niet zeggen dat deze factoren zomaar uit de analyse mogen geëlimineerd worden. De vraag die dan meestal rest, is hoe deze elementen het best opgenomen kunnen worden. Is het best om de kwalitatieve factoren op te nemen via een MCDM-analyse of om ze op één of andere manier rechtstreeks in de totale logistieke kost te incorporeren? Zo neemt het VIL de factoren betrouwbaarheid en frequentie mee in de MCDM-analyse. Deze zouden echter ook in monetaire termen uitgedrukt kunnen worden aan de hand van de variantie in de levertijd en het bepalen van een veiligheidsvoorraad. Het VIL maakt hier echter geen gebruik van. Ze nemen de factoren op in de MCDM-analyse. Wanneer het de bedoeling van het model zou zijn om de totale logistieke kost zo exact mogelijk weer te geven, was het misschien beter om de voornaamste of meest gebruikte kwalitatieve factoren om te zetten naar kwantitatieve factoren en deze te incorporeren in de totale logistieke kost. Zo wordt hiermee

reeds onmiddellijk rekening gehouden en moeten ze niet afzonderlijk beschouwd worden in een MCDM-analyse. Als deze factoren in een MCDM-analyse zijn opgenomen, is de beslissingnemer misschien minder snel geneigd om ze op te nemen in de analyse. Echter het incorporeren van deze factoren in de totale logistieke kost kan ertoe leiden dat het verzamelen van de gegevens moeilijker wordt, waardoor de aantrekkelijkheid van het model naar de bedrijven toe vermindert. Aangezien het VIL multimodaal vervoer wil aanmoedigen, is het beter om niet zo gedetailleerd te gaan in de totale logistieke kost zelf en de beslissingnemer zelf te laten bepalen of hij deze factoren meeneemt in de MCDM-analyse.

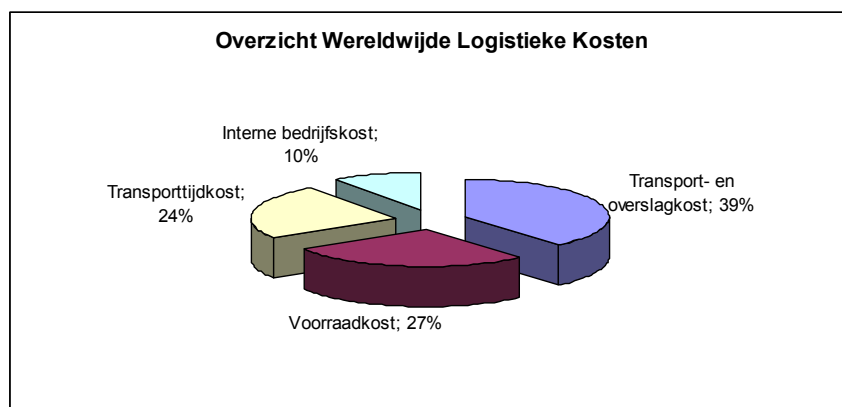
Een bedenking die bij een MCDM-analyse kan geformuleerd worden, is of het toekennen van percentages aan de verschillende factoren niet leidt tot arbitraire wegingen. In principe kan ervoor gezorgd worden dat de gewenste uitkomst wordt bekomen enkel en alleen door de wegingen naar eigen goeddunken aan te passen.

Uit een gesprek met de heer B. Vernimmen kwam ter sprake hoe sommige van deze kwalitatieve factoren uitgedrukt kunnen worden in monetaire termen. Betrouwbaarheid en frequentie kunnen, zoals hierboven reeds werd aangegeven, opgenomen worden in de totale logistieke kost via de gemiddelde levertijd en de variantie hierin. Wat flexibiliteit, capaciteit en imago betreft, kan gezegd worden dat deze moeilijk in geld uit te drukken zijn. Capaciteit zou wel opgenomen kunnen worden door rekening te houden met verkeersmodellen en met congestie, maar dit zorgt voor een beperking op de formule voor de berekening van de totale logistieke kost.

Hoofdstuk VII: Bespreking voorraadmodellen als mogelijke uitbreiding van het beslissingsondersteunend model van het Vlaams Instituut voor de Logistiek

Vooreerst worden in dit hoofdstuk de functies en de noodzaak van voorraden besproken. Vervolgens wordt overgegaan op de bespreking van de kosten die verbonden zijn aan voorraden. Daarna wordt de aandacht gevestigd op enkele voorraadmodellen. In paragraaf 7.3 worden achtereenvolgens de volgende voorraadmodellen besproken: het *deterministic continuous-review model* (met als onderdeel het EOQ-model), het *deterministic periodic-review model* en het *stochastic continuous-review model*. In paragraaf 7.4 zal dan gesproken worden over de toepassing van deze modellen voor de berekening van de totale logistieke kost. Ten slotte wordt in paragraaf 7.5 de gegevensverzameling besproken.

Zoals blijkt uit Vannieuwenhuyse en Misschaert (2006) vormt de voorraadkost een belangrijke kostenfactor in de berekening van de totale logistieke kost. Dit blijkt uit de grafiek die de auteurs geven met een overzicht van de wereldwijde logistieke kosten. Een afbeelding van deze grafiek is hieronder weergegeven.



Figuur 4: Overzicht Wereldwijde Logistieke Kosten

(Bron: Vannieuwenhuyse en Misschaert, 2006)

Op deze grafiek is duidelijk te zien dat voorraadkosten een aandeel hebben van 27 procent in de wereldwijde logistieke kosten. Hiermee komen de voorraadkosten op de tweede plaats bij de belangrijkste componenten van de logistieke kosten na de transport- en overslagkosten. Zoals Vannieuwenhuyse en Misschaert (2006) aangeven, blijkt duidelijk dat bij het berekenen van de totale logistieke kost voor het bepalen van de optimale *modal split* rekening moet gehouden worden met deze voorraadkost. Vandaar dat in dit hoofdstuk dieper ingegaan wordt op voorraden en hun invloed op de totale logistieke kost.

7.1 Noodzaak en functies van voorraden

Regelmatig doen er zich situaties voor waaruit blijkt dat bedrijven te weinig aandacht besteden aan, of niet op de juiste manier omgaan met hun voorraden. Zij kunnen op sommige momenten niet voldoen aan de vraag van de klant. Dit is het rechtstreekse gevolg van het feit dat ze niet snel genoeg nieuwe orders plaatsen om tekorten te vermijden. (Hillier en Lieberman, 2005) Een mogelijke oorzaak voor dit probleem wordt gesuggereerd door Chase et al. (2006). Zij schrijven dat het huidige beeld van voorraden er één is waarbij enkel gekeken wordt naar de negatieve impact van voorraden op de prestaties van een bedrijf. Deze negatieve impact wordt meer bepaald veroorzaakt door de kosten voor het aanhouden van de voorraad. Op Logistiek.nl (2006) stelt Stad zich zelfs de vraag of voorraden een noodzakelijk kwaad zijn. Volgens hem is er niemand in de distributieketen die voorraden wenst. Ideaal zou zijn dat eindproducten zonder vertraging tot bij de eindgebruiker konden worden gebracht. Dit is echter voor de meeste producten niet haalbaar. Vanuit dat standpunt bekeken zijn voorraden dus een noodzakelijk kwaad. Stad geeft op Logistiek.nl (2006) echter aan dat er niet enkel nadelen verbonden zijn aan voorraden. Hij zegt dat voorraden, en vooral voorraadbeheersing, een positieve invloed hebben op de concurrentiepositie van een bedrijf.

Volgens Logistiek.nl (2006) is de belangrijkste functie van voorraden de tussentijdse buffer die ze vormen. Ook Chase et al. (2006) geven een aantal functies die voorraden kunnen vervullen. Als eerste halen ze aan dat voorraden ervoor kunnen zorgen dat bedrijven de onafhankelijkheid van hun handelingen behouden. Verder vangen voorraden ook schommelingen op in de vraag en laten ze toe dat de productieplanning flexibeler verloopt. Voorraden kunnen ook bescherming bieden tegen variaties in de levertijd van grondstoffen. Als laatste halen Chase et al. (2006) aan dat voorraden kunnen helpen om een voordeel te behalen uit het aankopen in grotere hoeveelheden.

Tersine (1994) geeft aan dat voorraden aangelegd worden omdat de vraag en het aanbod moeilijk exact op elkaar af te stemmen zijn en omdat het tijd vraagt om handelingen te verrichten die te maken hebben met het benodigde materiaal en de grondstoffen. Ook Lambrecht (1994) schrijft over het belang van voorraadvorming. Hij geeft aan dat er drie factoren zijn die het belang van voorraden aangeven. Deze zijn de tijd, de onzekerheid en een economisch motief. Het motief in verband met de tijd heeft vooral te maken met de tijdsperiode tussen het plaatsen van een bestelling en de levering ervan. De aangelegde voorraden vormen in dat geval een bufferfunctie. Onzekerheid heeft dan weer te maken met de dynamische omgeving van de onderneming. In deze omgeving is er onzekerheid omtrent bijvoorbeeld de vraag van de klant, de leveringstermijnen en de kwaliteit. Wanneer rekening gehouden wordt met deze onzekerheid, zal de voorraad toenemen. Het is echter, volgens Lambrecht (1994), een uitdaging om de oorzaken van onzekerheid weg te nemen. Het economische motief van voorraadvorming hangt onder meer samen met het personeelsbestand. Voorraden stellen een bedrijf in staat om het personeelsbestand min of meer

stabiel te houden. Bedrijven leggen soms ook voorraden aan wanneer er prijsstijgingen en wisselkoersschommelingen in het vooruitzicht zijn. Van Goor et al. (2000) geven voor verschillende soorten voorraden, zoals bijvoorbeeld veiligheidsvoorraad, meer uitleg over de functies van de betreffende voorraden. Voor enkele soorten van voorraden werd in paragraaf 3.2.4 reeds meer uitleg gegeven over hun functies.

7.2 Kosten verbonden aan voorraden

Uiteraard zijn er aan voorraden ook kosten verbonden. Hillier en Lieberman (2005) maken een opsplitsing van de voorraadkosten in bestelkosten, kosten voor het aanhouden van de voorraad, tekortkosten en de discontovoet die de tijdswaarde van geld in rekening brengt. Verder halen deze auteurs ook nog de bergingskosten aan. Ze gaan er echter van uit dat deze reeds vervat zitten in de kosten voor het aanhouden van de voorraad. Ook Chase et al. (2006) geven aan dat de voorraadkosten uit verschillende elementen zijn opgebouwd. Zo maken ze een onderverdeling in kosten voor het aanhouden van de voorraad, instelkosten, bestelkosten en tekortkosten. Deze kosten splitsen ze verder uit. De indeling ziet er dan als volgt uit:

- ✓ kosten voor het aanhouden van de voorraad: opslagfaciliteiten, goederenbehandeling, verzekering, diefstal, breukschade, afschrijving, belastingen en de opportuniteitskost van het kapitaal.
- ✓ instelkosten: kosten voor het bekomen van de nodige materialen, het instellen van de uitrusting, het invullen van de nodige documenten, het juist toekennen van tijd en materiaal en kosten voor het wegwerken van de voorraad van de vorige periode.
- ✓ orderkosten: kosten die gemaakt worden om het order voor te bereiden.
- ✓ tekortkosten: Wat de tekortkosten betreft, moet er een afweging gemaakt worden tussen enerzijds de kosten voor het aanhouden van de voorraad en anderzijds de kosten als gevolg van een voorraadtekort. (Chase et al, 2006)

Tersine (1994) maakt een opsplitsing naar aankoopkosten, order- of instelkosten, kosten voor het aanhouden van de voorraad en tekortkosten. De auteur geeft hierbij nog een verdere opdeling van de kosten, maar deze komt grotendeels overeen met de opsplitsing die hierboven werd aangegeven uit Chase et al. (2006). Vandaar dat er hier niet verder op ingegaan wordt.

7.3 Voorraadmodellen

Op het vlak van voorraadbeheer zijn er reeds veel modellen ontwikkeld. De belangrijkste hiervan kunnen ingedeeld worden aan de hand van een aantal criteria. Zo zijn er modellen die een deterministische vraag veronderstellen, terwijl anderen uitgaan van een stochastische vraag. Hillier en Lieberman (2005) schrijven hierover dat, wanneer de vraag voor de toekomstige periodes voorspeld kan worden met een grote precisie, het verstandig is gebruik te maken van een

voorraadmodel dat van de veronderstelling uitgaat dat alle voorspellingen accuraat zijn. In dit geval spreken zij van een deterministisch voorraadmodel. Wanneer de vraag echter niet zo goed voorspeld kan worden, is het noodzakelijk dat gebruik gemaakt wordt van een stochastisch voorraadmodel waarbij de vraag in elke periode een willekeurige variabele is in plaats van een constante.

Verder maken Hillier en Lieberman (2005) ook een onderscheid tussen '*continuous-review models*' en '*periodic-review models*'. Bij *continuous-review models* wordt de voorraad continu in de gaten gehouden. Elke verrichting die er gebeurt, wordt onmiddellijk geregistreerd. Wanneer het voorraadniveau het bestelpunt bereikt, wordt er onmiddellijk een nieuw order geplaatst voor dat product. Bij het gebruik van *periodic-review models* wordt het niveau van de voorraad slechts nagegaan op discrete tijdstippen. De voorraad wordt dan ook enkel aangevuld indien het voorraadpeil op deze controlemomenten het bestelpunt heeft bereikt.

Een gelijkaardige indeling is ook terug te vinden bij Chase et al. (2006), zij het dan onder een andere benaming. Zij spreken van '*fixed-order quantity models*' wanneer het gaat over de '*continuous-review models*' van Hillier en Lieberman (2005) en van '*fixed-time period models*' terwijl Hillier en Lieberman (2005) het hebben over '*periodic-review models*'. Verder maken Chase et al. (2006) nog een onderscheid tussen modellen met en zonder veiligheidsvoorraad.

In wat volgt worden enkele van de belangrijkste voorraadmodellen besproken. In paragraaf 7.5 zal ook aangegeven worden hoe de informatie, die nodig is voor het gebruik van deze modellen, verzameld kan worden via een vragenlijst.

De modellen die hieronder in meer of mindere mate besproken worden, zijn de volgende:

- ✓ *Deterministic continuous-review models*
 - *Economic order quantity model*
 - *Economic order quantity model met geplande tekorten*
 - *Economic order quantity model met hoeveelheidskortingen*
- ✓ *Deterministic periodic-review model*
- ✓ *Stochastic continuous-review model of (R,Q)-model*

De aandacht gaat bij de onderstaande bespreking vooral uit naar het *economic order quantity model*, het *deterministic periodic-review model* en het *stochastic continuous-review model* of *(R,Q)-model*. Daar waar nodig wordt ook verwezen naar het *economic order quantity model* met geplande tekorten of met hoeveelheidskortingen. Deze laatste modellen worden echter niet uitvoerig behandeld.

7.3.1 Deterministic continuous-review models

De meest voorkomende voorraadsituatie, volgens Hillier en Lieberman (2005), is deze waarbij de voorraden verminderen gedurende de tijd en terug aangevuld worden wanneer een nieuwe batch goederen arriveert. Het systeem is zo afgestemd dat de nieuwe batch geleverd wordt op het moment dat de voorraad volledig opgebruikt is.

a) Economic Order Quantity model

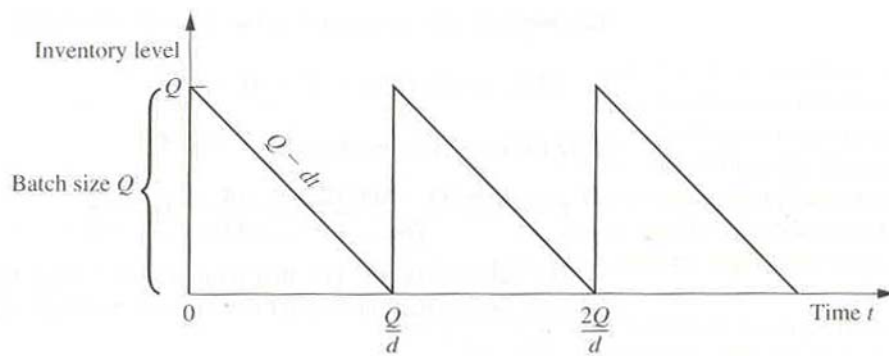
Een eenvoudig model dat bovenstaande situatie weergeeft, is het *economic order quantity model* (EOQ-model). Soms wordt naar dit model ook verwezen onder de benaming *economic lot-size model* of model met vaste lotgrootte. Verder bestaan er ook nog het EOQ-model met geplande tekorten en het EOQ-model met hoeveelheidkortingen.

Bij het eenvoudige EOQ-model wordt er van de veronderstelling uitgegaan dat de eenheden van het beschouwde product uit de voorraad worden genomen aan een constante snelheid, aangeduid met de letter d . Dit houdt in dat de vraag gekend moet zijn en constant d eenheden per tijdseenheid moet bedragen. Verder wordt aangenomen dat de voorraad wordt aangevuld wanneer nodig, door het bestellen van een vaste hoeveelheid Q . De bestelhoeveelheid Q om de voorraad aan te vullen, arriveert in één keer, meer bepaald op het moment dat de aanwezige voorraad nul wordt. Bij het eenvoudige EOQ-model zijn geplande tekorten niet toegestaan. Het basis EOQ-model beschouwt enkel de volgende kosten:

- ✓ K = opstartkost van een nieuwe batch
- ✓ c = eenheidskosten voor het produceren of het aankopen van elke eenheid
- ✓ h = kosten om één eenheid in voorraad te houden gedurende één tijdsperiode. (Hillier en Lieberman, 2005)

Hillier en Lieberman (2005) halen aan dat het doel van dit model is om aan te duiden wanneer en met hoeveel eenheden de voorraad moet aangevuld worden om zo de som van de kosten per tijdseenheid te minimaliseren. Ze gaan van de veronderstelling uit dat ze te maken hebben met een *continuous-review model*. Hierdoor kan de voorraad aangevuld worden telkens wanneer het voorraadniveau onder een bepaald peil zakt. Het voorraadpatroon dat hieruit voortvloeit, is weergegeven in onderstaande figuur. Op deze figuur wordt de voorraad opnieuw aangevuld met een hoeveelheid Q wanneer deze volledig uitgeput is. Dit doet zich voor op tijdstip $\frac{Q}{d}$, $\frac{2Q}{d}$, etc.

Tussen twee aanvullingen van de voorraad, neemt deze af met een snelheid d , wat staat voor de vraag per tijdseenheid.



Figuur 5: Voorraadniveau als functie van de tijd voor het basis EOQ model

(Bron: Hillier en Lieberman, 2005)

Het voorraadniveau waarbij een order geplaatst wordt, is het bestelpunt. Om aan de voorwaarde te voldoen die zegt dat de levering van Q eenheden enkel mag gebeuren op het moment dat de voorraad uitgeput is, moet dit bestelpunt als volgt bepaald worden:

Bestelpunt = vraag per tijdseenheid $\times$ lead time

Hierbij wordt onder *lead time* de tijd tussen het plaatsen van het order en de levering ervan verstaan. De tijd tussen opeenvolgende aanvullingen van de voorraad wordt een cyclus genoemd. (Hillier en Lieberman, 2005)

Hillier en Lieberman (2005) bespreken de componenten die deel uitmaken van de totale kost per tijdseenheid (T). De eerste is de productie- of bestelkost per cyclus. Deze wordt berekend met de formule: $K + cQ$. Het gemiddelde voorraadniveau gedurende deze cyclus is $\frac{(Q + 0)}{2} = \frac{Q}{2}$ eenheden.

De overeenkomstige kost is $\frac{hQ}{2}$ per tijdseenheid. Vermits de lengte van de cyclus gelijk is aan $\frac{Q}{d}$,

is de kost per cyclus voor het aanhouden van de voorraad gelijk aan $\frac{hQ^2}{2d}$. Hierdoor is de totale

kost per cyclus gelijk aan $K + cQ + \frac{hQ^2}{2d}$. De totale kost per tijdseenheid wordt dan

$$T = \frac{K + cQ + \frac{hQ^2}{2d}}{\frac{Q}{d}} = \frac{dK}{Q} + dc + \frac{hQ}{2}$$

Om te bepalen welke waarde van Q (neem Q^*) ervoor zorgt dat T minimaal is, moet de eerste afgeleide gelijk gesteld worden aan nul. Verder moet er nagegaan worden of de tweede afgeleide positief is, zodat van een minimum sprake kan zijn. Dit leidt tot het volgende resultaat:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2dK}{h}}$$

Deze formule staat beter bekend als de EOQ-formule. De corresponderende cyclustijd (t^*) is:

$$t^* = \frac{Q^*}{d} = \sqrt{\frac{2K}{dh}}$$

Wanneer de opstartkost (K) stijgt, stijgen ook de optimale bestelhoeveelheid (Q^*) en de cyclustijd (t^*). Dit is een logisch gevolg daar een minimalisatie van de kosten wordt nagestreefd. Wanneer de opstartkosten stijgen, zal ervoor gezorgd worden dat er meer in één keer besteld wordt (hogere Q^*). Hierdoor moeten de machines en installaties minder vaak worden ingesteld. Dit heeft echter tot gevolg dat de cyclustijd langer wordt. Wanneer de voorraadkosten (h) stijgen, gaan Q^* en t^* dalen. Immers, als Q^* en t^* kleiner zijn, zullen de voorraadmiveaus eveneens lager liggen. Bij een stijging van de vraag (d), zal Q^* stijgen omdat er geproduceerd gaat worden in grotere batches. De cyclustijd (t^*) daarentegen zal afnemen omdat er overgeschakeld zal worden op een groter aantal set-ups. (Hillier en Lieberman, 2005)

Chase et al. (2006) geven eveneens een formule voor de economische bestelhoeveelheid. Zij gaan hier echter niet verder op in. Ook Lambrecht (1994) bespreekt onder meer dit model wanneer het gaat om deterministische voorraadmodellen. Zo omschrijft hij het model met vaste lotgrootte in het geval het gaat om één product en het model met vaste lotgrootte met hoeveelheidskortingen. Verder geeft hij ook nog een uitbreiding van de EOQ-formule naar meerdere producten. Het zou in deze eindverhandeling echter te ver leiden om al deze modellen uitvoerig te bespreken, vandaar dat hier niet verder op wordt ingegaan.

Rentmeesters (2006) omschrijft ook het EOQ-model, oftewel het model met vaste lotgrootte. Hij gaat hierbij verder in op de formules voor de totale kosten, de totale variabele kosten, het aantal bestellingen per jaar en de optimale cyclustijd. De formules die hieronder weergegeven worden, zijn de formules uit Rentmeesters (2006). Vermits deze auteur een andere notatie gebruikte, zijn de symbolen hier aangepast zodat ze overeenkomen met de eerder in deze eindverhandeling vermelde notaties. De totale kost per tijdseenheid bij de optimale bestelhoeveelheid (Q^*) is net als bij Hillier en Lieberman (2005) gelijk aan $\frac{dK}{Q^*} + dc + \frac{hQ^*}{2}$.

Rentmeesters (2006) maakt hierbij echter nog een opdeling naar variabele en vaste kosten. De variabele kosten zijn de kosten die variëren met de bestelhoeveelheid. Dit leidt dan tot de volgende formule voor de totale variabele kosten (TVC) bij de optimale bestelhoeveelheid (Q^*):

$$TVC(Q^*) = \frac{d}{Q^*}K + \frac{Q^*}{2}h = \sqrt{\frac{h}{2dK}}dK + \sqrt{\frac{2dK}{h}}\frac{h}{2}$$

$$\text{Wanneer deze uitdrukking herschreven wordt, leidt dit tot } TVC(Q^*) = \sqrt{\frac{hdK}{2}} + \sqrt{\frac{hdK}{2}} = \sqrt{2hdK}$$

Hieruit kan dan afgeleid worden dat $\frac{d}{Q^*}K = \frac{Q^*}{2}h$. Bijgevolg geldt ook dat

$TVC(Q^*) = 2 \frac{Q^*}{2} \times h = Q^* \times h$. Rentmeesters (2006) geeft ook nog een berekening voor het aantal bestellingen per jaar. Dit is gelijk aan $N^* = \frac{d}{Q^*}$. Voor de optimale cyclustijd geeft Rentmeesters (2006) dezelfde formule als reeds eerder vermeld uit Hillier en Lieberman (2005).

Hillier en Lieberman (2005) bespreken ook nog een EOQ-model met geplande tekorten en een EOQ-model met hoeveelheidskortingen. De uitvoerige bespreking van deze modellen zou echter te ver leiden in de context van deze eindverhandeling. Vandaar dat enkel waar nodig de link gelegd wordt met deze modellen. Alle EOQ-modellen gaan er echter wel van uit dat er geen gebruik gemaakt wordt van een veiligheidsvoorraad. Dit houdt in dat men de veronderstelling maakt dat er geleverd wordt als de voorraad nul is of zelfs negatief indien backorders¹¹ mogelijk zijn. Immers wanneer er sprake is van een veiligheidsvoorraad, is in het bedrijf nog voorraad aanwezig bij de levering.

7.3.2 Deterministic periodic-review model

Wanneer de voorraad van periode tot periode kan variëren, levert het EOQ-model, volgens Hillier en Lieberman (2005), niet altijd de oplossing met de laagste kosten. Een voorraadmodel dat hiervoor wel in aanmerking komt, is het *deterministic periodic-review* model. In deze paragraaf zal dit model besproken worden met de symbolen zoals Hillier en Lieberman (2005) ze aangeven. Dit komt echter overeen met de modellen van andere auteurs, zoals bijvoorbeeld Tersine (1994), zij het dan dat zij hiervoor een andere notatie hanteren. Ook Lambrecht (1994) bespreekt dit model. Hij schrijft echter als opmerking dat het model gebruik maakt van een minder eenvoudige techniek van dynamische programmering. Volgens hem is de hoeveelheid rekenwerk die er bij komt kijken nogal omvangrijk, waardoor in de praktijk voor het oplossen van grotere problemen meestal de voorkeur wordt gegeven aan heuristieken. Als nadeel van deze heuristieken vermeldt Lambrecht (1994) wel dat ze niet optimaal zijn, maar het voordeel is dat ze veel minder complex zijn. Verder leveren ze een oplossing die niet zo sterk afwijkt van de optimale oplossing, die door de meer complexe techniek van dynamische programmering bekomen wordt.

Hillier en Lieberman (2005) beschouwen het volgende *deterministic periodic-review model*: Er moet een planning gemaakt worden voor de komende n periodes wat betreft het aantal te bestellen of te produceren goederen om de voorraad aan te vullen aan het begin van een periode. De vraag gedurende deze periodes is gekend, maar ze is wel verschillend van periode tot periode. De vraag gedurende periode i wordt aangegeven door r_i met $i = 1, 2, \dots, n$. Aan deze vraag moet

¹¹ Een backorder ontstaat wanneer een levering niet onmiddellijk kan plaatsgrijpen omdat de volledige bestelling of een gedeelte ervan niet meer voorradig is. De levering moet dan worden uitgesteld tot de voorraad opnieuw is aangevuld.

voldaan worden binnen de vooropgestelde termijn. Initieel is er geen voorraad voorhanden. Er is echter nog tijd voor een levering aan het begin van de eerste periode. De kosten die opgenomen zijn in het model zijn gelijkaardig met deze van het EOQ-model. Meer bepaald gaat het hier om:

- ✓ K = opstartkost voor het produceren of aankopen van producten om de voorraad aan te vullen aan het begin van de periode
- ✓ c = eenheidskost voor het produceren of aankopen van een eenheid
- ✓ h = voorraadkost voor elke eenheid die aan het einde van de periode nog in voorraad is. (Hillier en Lieberman, 2005)

Voorraadkosten zijn er echter ook voor eenheden die gedurende een gedeelte van de periode in voorraad gehouden worden. Deze kosten worden beschouwd als vaste kosten ongeacht het voorraadbeleid en zijn dus irrelevant voor de analyse. Enkel de variabele kosten die beïnvloed worden door het gekozen voorraadbeleid zijn relevant voor het kiezen van een voorraadpolitiek. Via dezelfde redenering is de eenheidskost c irrelevant, want wanneer men globaal gaat kijken over alle tijdsperiodes leveren alle voorraadpolitieken hetzelfde aantal eenheden aan dezelfde eenheidskost. Vandaar dat c buiten beschouwing wordt gelaten in het vervolg van deze analyse. (Hillier en Lieberman, 2005)

Hillier en Lieberman (2005) geven aan dat het doel bestaat uit de minimalisatie van de totale kost over de n periodes. Dit wordt bereikt door het minimaliseren van de totale variabele kost over de n periodes. De auteurs geven een algoritme om dit soort voorraadproblemen op te lossen. Om tot dit model te komen, zijn ze uitgegaan van de volgende veronderstelling: "Bij een optimale politiek (productieschema) wordt er enkel bijbesteld (geproduceerd) wanneer het voorraadniveau nul is geworden". Deze veronderstelling wordt verder verduidelijkt in bijlage 6.

Door het maken van bovenstaande veronderstelling is het logisch dat de hoeveelheid die wordt geproduceerd of besteld aan het begin van de i -de periode steeds gelijk is aan 0, r_i , $r_i + r_{i+1}$, ... of $r_i + r_{i+1} + \dots + r_n$. Deze redenering werd door Hillier en Lieberman (2005) omgezet in een algoritme. Dit algoritme gaat als volgt in het werk: definieer C_i als de totale variabele kost van een optimale politiek voor periodes $i, i+1, \dots, n$ wanneer periode i start zonder beginvoorraad, voor $i = 1, 2, \dots, n$. Door gebruik te maken van dynamische programmering en het probleem periode per periode achterwaarts op te lossen, kan de waarde van C_i gevonden worden door eerst de waardes van C_n , C_{n-1} , etc. te vinden. C_i kan dan gevonden worden door de recursieve relatie:

$$C_i = \min_{j=i, i+1, \dots, n} \{C_{j+1} + K + h[r_{i+1} + 2r_{i+2} + 3r_{i+3} + \dots + (j-i)r_j]\}$$

Hierbij moet j gezien worden als een index die (het einde van) de periode aangeeft wanneer de voorraad voor de eerste maal uitgeput is na de productie of bestelling aan het begin van periode i . In het tijdsinterval van periode i tot periode j , stelt de term met coëfficiënt h de totale kost voor het aanhouden van de voorraad gedurende dit interval voor. Wanneer $j = n$ is C_{n+1} gelijk aan nul. De minimaliserende waarde van j geeft aan dat wanneer het voorraadniveau effectief tot nul

herleid wordt aan het begin van periode i , de productie of bestelling in periode i voldoende moet zijn om aan de vraag te voldoen gedurende de periode die loopt van periode i tot periode j . (Hillier en Lieberman, 2005)

Het algoritme voor het oplossen van het model bestaat uit het oplossen naar achtereenvolgens C_n , C_{n-1} , ..., C_1 . Als $i = 1$, geeft de minimaliserende waarde van j aan dat de productie in periode 1 voldoende moet zijn om aan de vraag te voldoen gedurende periode j . De tweede maal dat er geproduceerd wordt, zal plaatsgrijpen in periode $j+1$. Voor periode $i = j+1$ zal de nieuwe minimaliserende waarde van j het tijdsinterval aangeven dat overbrugd wordt door de tweede productiehoeveelheid. Dit algoritme gaat zo verder tot de laatste periode bereikt is. Een uitgewerkt voorbeeld hiervan is terug te vinden in Hillier en Lieberman (2005), maar wordt voor alle duidelijkheid ook in bijlage 7 toegevoegd.

7.3.3 Stochastic continuous-review model

Een ander voorraadmodel dat Hillier en Lieberman (2005) bespreken, is het *stochastic continuous-review model*. Stochastische voorraadmodellen worden gebruikt wanneer er onzekerheid heerst over de toekomstige vraag. Dit komt ook ter sprake bij Lambrecht (1994) die over stochastische modellen schrijft: "De vraag wordt niet langer constant verondersteld per tijdseenheid; er kunnen variaties optreden ten gevolge van een aantal factoren." Om welke factoren het hier gaat, komt echter niet duidelijk tot uiting. Mogelijke factoren zijn: een heropleving van de economie, een dalende conjunctuur, andere marktopportunities, etc.

Zoals eerder reeds werd aangehaald, wordt bij een *continuous-review* voorraadmodel het voorraadniveau op een continue basis gecontroleerd zodat een bestelling geplaatst kan worden van zodra het voorraadniveau onder het bestelpunt komt. Een *continuous-review* voorraadmodel voor een bepaald product is meestal gebaseerd op twee variabelen, namelijk het bestelpunt (R) en de bestelhoeveelheid (Q). Het voorraadbeleid dat gevoerd wordt op basis van deze twee variabelen, kan als volgt omschreven worden: Wanneer het voorraadniveau van het product onder de hoeveelheid R zakt, wordt er een bestelling geplaatst voor Q eenheden om de voorraad aan te vullen. Dergelijk voorraadbeleid wordt vaak een *reorder-point-* of *order quantity-*beleid genoemd, oftewel een (R,Q)-beleid. Net zoals het EOQ-model, dat besproken werd in paragraaf 7.3.1.a, zijn er een aantal veronderstellingen die gemaakt worden bij het (R,Q)-model. Het gaat, volgens Hillier en Lieberman (2005), meer bepaald om de volgende veronderstellingen:

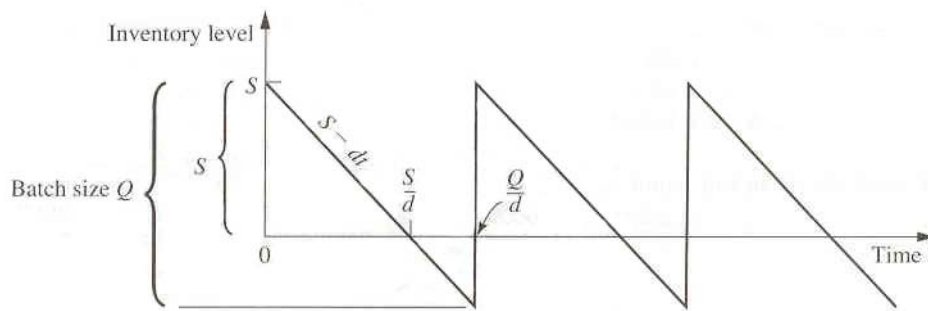
1. Elke toepassing van het model heeft betrekking op slechts één product.
2. Het voorraadniveau staat onder continue controle zodat de huidige waarde steeds gekend is.
3. Een (R,Q)-beleid wordt gebruikt. De enige beslissing die moet genomen worden, is het bepalen van de waardes van R en Q .

4. Er is een *lead time* tussen het moment dat het order geplaatst wordt en het moment waarop de bestelde hoeveelheid ontvangen wordt. Deze *lead time* kan vast of variabel zijn.
5. De vraag naar goederen gedurende de *lead time* is onzeker. De kansverdeling van de vraag is echter wel gekend (of er is ten minste een schatting van gemaakt).
6. Wanneer een voorraadbreuk zich voordoet vooraleer de bestelling door de leverancier geleverd werd, wordt de overtollige vraag uitgesteld, zodat aan de bestellingen van de klanten voldaan kan worden zodra de nieuwe levering aangekomen is.
7. Een vaste instelkost (K) wordt aangerekend elke keer een order geplaatst wordt.
8. Uitgezonderd de instelkost K , zijn de kosten van de bestelling evenredig met de bestelde hoeveelheid.
9. Een zekere kost voor het aanhouden van de voorraad (h) wordt aangerekend voor elke eenheid in voorraad per tijdseenheid.
10. Wanneer een voorraadbreuk zich voordoet, wordt een zekere tekortkost (p) aangerekend voor elke eenheid waarvan de levering moet uitgesteld worden tot de voorraad opnieuw is aangevuld.

Hillier en Lieberman (2005) geven aan dat dit model sterke gelijkenissen vertoont met het EOQ-model waarbij geplande tekorten zijn toegelaten. Volgens de auteurs zijn er situaties waarin het toelaten van beperkte, geplande tekorten nuttig kan zijn vanuit managersperspectief. Wanneer de kost voor het aanhouden van voorraden relatief hoog is ten opzichte van de tekortkosten, kan dit een interessante optie zijn voor een bedrijf. De belangrijkste vereiste hiervoor is dat klanten bereid zijn om een beperkte uitsteltermijn van hun levering te accepteren indien nodig. Vandaar dat Hillier en Lieberman (2005) bij hun bespreking van het *stochastic continuous-review* model regelmatig verwijzen naar de bespreking van het EOQ-model met geplande tekorten. Daarom zal in deze eindverhandeling ook het EOQ-model met geplande tekorten besproken worden daar waar de link bestaat met het *stochastic continuous-review model*. Bij het EOQ-model met geplande tekorten, wordt volgende notatie aangehouden:

- ✓ p = tekortkost per eenheid per tijdseenheid
- ✓ S = voorraadniveau juist nadat een batch van Q eenheden aan de voorraad toegevoegd werd
- ✓ $Q - S$ = tekort in de voorraad juist voordat een batch van Q eenheden wordt aangevuld.

Onder de bovenstaande voorwaarden ziet het voorraadpatroon eruit zoals weergegeven op figuur 6. Het zaagtandpatroon is hetzelfde als in figuur 5 behalve dat het voorraadniveau nu ook negatieve waarden kan bereiken. De negatieve waarde geeft het aantal eenheden van het product weer waarvoor er een backorder bestaat.



Figuur 6: Voorraadniveau als een functie van de tijd voor het EOQ-model met geplande tekorten

(Bron: Hillier en Lieberman, 2005)

De totale kost per tijdseenheid wordt nu bekomen door de som te maken van de productie- of bestelkost per cyclus, de kosten voor het aanhouden van voorraden per cyclus en de tekortkost per cyclus. (Hillier en Lieberman, 2005)

De berekening van de verschillende kostencomponenten, zoals aangegeven door Hillier en Lieberman (2005), zal hier aangehaald worden evenals de berekening van de totale kost per tijdseenheid. De productie- of bestelkost per cyclus wordt berekend aan de hand van de volgende formule: $K + cQ$. Gedurende elke cyclus is het voorraadniveau positief voor een periode gelijk aan $\frac{S}{d}$. Met andere woorden, de periode dat de voorraad positief is, wordt berekend door het voorraadniveau vlak na de levering van Q eenheden te delen door de vraag per tijdseenheid. Het gemiddelde voorraadniveau gedurende deze periode is $\frac{(S+0)}{2} = \frac{S}{2}$ eenheden en de corresponderende kost is $\frac{h \times S}{2}$ per tijdseenheid. Vandaar dat de kosten voor het aanhouden van voorraden per cyclus berekend kunnen worden aan de hand van de volgende formule:

$$\frac{hS}{2} \frac{S}{d} = \frac{hS^2}{2d}.$$

Tekorten doen zich voor gedurende een periode $\frac{(Q-S)}{d}$. Het gemiddeld aantal tekorten gedurende deze tijdsperiode is $\frac{(0+Q-S)}{2} = \frac{(Q-S)}{2}$ eenheden en de corresponderende kost is $\frac{p(Q-S)}{2}$ per tijdseenheid. Vandaar dat de tekortkost per cyclus gelijk is aan $\frac{p(Q-S)}{2} \frac{Q-S}{d} = \frac{p(Q-S)^2}{2d}$.

(Hillier en Lieberman, 2005)

Wanneer de drie bovenstaande componenten opgeteld worden, bekomt men de formule voor de totale kost per cyclus. Deze ziet er dan als volgt uit:

Totale kost per cyclus = $K + cQ + \frac{hS^2}{2d} + \frac{p(Q-S)^2}{2d}$. De totale kost per tijdseenheid (T) kan

berekend worden door de totale kost per cyclus te delen door $\frac{Q}{d}$, wat staat voor de tijdsperiode

waarover de voorraadhoeveelheid Q gespreid wordt. Dit leidt dan tot een totale kost per tijdseenheid gelijk aan $\frac{dK}{Q} + dc + \frac{hS^2}{2Q} + \frac{p(Q-S)^2}{2Q}$. (Hillier en Lieberman, 2005)

Het is duidelijk dat in dit model sprake is van twee beslissingsvariabelen, meer bepaald S en Q. De optimale waarden van S en Q kunnen berekend worden door de eerste afgeleide van Q en S gelijk te stellen aan nul en hieruit de optimale waarde voor Q en S uit af te leiden. Verder is ook nog een controle van de tweede afgeleide nodig om na te gaan of de bekomen waarde een minimum of een maximum is. Hillier en Lieberman (2005) geven aan dat het simultaan oplossen van deze twee vergelijkingen leidt tot de volgende uitdrukkingen voor S* en Q*: $S^* = \sqrt{\frac{2dK}{h}} \sqrt{\frac{p}{p+h}}$ en

$$Q^* = \sqrt{\frac{2dK}{h}} \sqrt{\frac{p+h}{p}}.$$

De optimale cycluslengte (t*) wordt dan berekend door Q* te delen door d. Dit leidt tot

$$t^* = \sqrt{\frac{2K}{dh}} \sqrt{\frac{p+h}{p}}.$$

Het maximale tekort is gelijk aan $Q^* - S^* = \sqrt{\frac{2dK}{p}} \sqrt{\frac{h}{p+h}}$.

Ook bij het *stochastic continuous-review model* wordt de bovenstaande formule voor de berekening van Q* gebruikt. Echter bij dit model staat d voor de gemiddelde vraag per tijdseenheid. K, h en p hebben de betekenis die op p. 70 reeds werd aangehaald bij de veronderstellingen 7, 9 en 10 respectievelijk.

De waarde van Q die bekomen wordt met de bovenstaande formule is slechts een benadering van de optimale bestelhoeveelheid in dit model. Volgens Hillier en Lieberman (2005) is er geen formule beschikbaar voor de berekening van de exacte waarde van de optimale bestelhoeveelheid. Vandaar dat een benadering noodzakelijk is. Hillier en Lieberman (2005) vinden dat dit een goede benadering is. Om dit te staven verwijzen ze naar Axsäter (1996) en Zheng (1992).

Tersine (1994) gaat ook dieper in op de stochastische voorraadmodellen. Hij maakt hierbij een onderscheid tussen de verschillende soorten van kansverdelingen, constante of variabele *lead time*, variabele versus constante vraag en verschillende manieren om het serviceniveau te bepalen. In deze eindverhandeling wordt hier echter niet op ingegaan, vermits dit het

beslissingsondersteunend model van het VIL veel te uitgebreid zou maken en minder aantrekkelijk om het te promoten naar de bedrijven toe. Indien een bedrijf er op staat om dit toch gedetailleerd uit te werken, kan het model uiteraard aangepast worden door deze verdere detaillering op te nemen.

a) Bepalen van het bestelpunt R

Wanneer het bestelpunt bepaald moet worden, gebeurt dit meestal door het management dat bepaalt welk niveau van service zij aan hun klanten wensen te bieden. Het vertrekpunt is dus het gewenste serviceniveau. Het serviceniveau is "de door het management gewenste kans dat er zich geen voorraadbreuk zal voordoen in de periode tussen het plaatsen van het order en de ontvangst ervan". (Hillier en Lieberman, 2005)

Hillier en Lieberman (2005) geven vijf mogelijke manieren om het serviceniveau te bepalen:

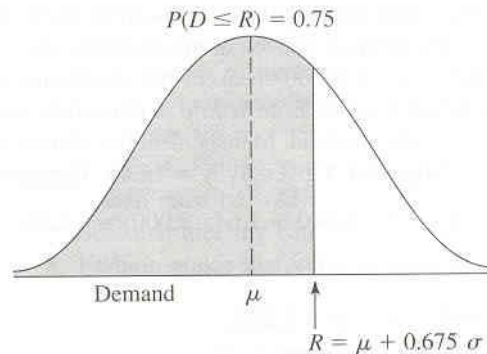
- ✓ De kans vooropstellen dat er zich geen tekort voordoet tussen het plaatsen van het order en de levering van de bestelde goederen.
- ✓ Het gemiddelde aantal tekorten per jaar vooropstellen.
- ✓ Het gemiddelde percentage van de jaarlijkse vraag waaraan onmiddellijk voldaan kan worden vooropstellen (geen tekorten).
- ✓ De gemiddelde tijd vooropstellen die nodig is om backorders op te vullen wanneer een voorraadbreuk zich voordoet.
- ✓ De totale gemiddelde tijd vooropstellen die nodig is om orders op te vullen (waarbij de benodigde tijd zonder een voorraadbreuk gelijk is aan nul).

Ballou (1999) geeft een formule voor het berekenen van het serviceniveau. Deze ziet er als volgt uit: $\text{serviceniveau} = 1 - \frac{\text{verwacht aantal eenheden tekort in voorraad per jaar}}{\text{totale jaarlijkse vraag}}$.

Het management moet een beslissing nemen over de gewenste waarde van het serviceniveau. Dit kan gebeuren aan de hand van één van bovenvermelde methodes of op basis van een methode die in het bedrijf zelf ontwikkeld werd via de in het verleden reeds opgedane ervaring. Nadat er een beslissing is genomen over de methode waarop het serviceniveau zal worden bepaald, is het volgens Hillier en Lieberman (2005) interessant om na te gaan welke invloed verschillende waarden van het serviceniveau hebben op bepaalde maatstaven, vooraleer een definitieve methode te kiezen.

Hillier en Lieberman (2005) gaan bij de bespreking van het serviceniveau verder in op methode 1. Het gebruik van de eerste methode heeft tot gevolg dat er gewerkt moet worden met een geschatte kansverdeling van de vraag gedurende de *lead time* om een order in te vullen, aangeduid met de letter D.

Hillier en Lieberman (2005) bespreken enkel een model waarbij een normale verdeling van de vraag gedurende de *lead time* (D) wordt verondersteld. De auteurs geven een algemene procedure voor het bepalen van de waarde van R (het bestelpunt) bij een serviceniveau bepaald via de eerste methode. De eerste stap bestaat uit het bepalen van het gewenste serviceniveau (L). Daarna wordt R gezocht door $P(D \leq R) = L$ op te lossen naar R. P staat voor kans, dus $P(D \leq R)$ staat voor de kans dat de *lead time* (D) kleiner is of gelijk aan het bestelpunt (R). Figuur 7 toont een normale verdeling met een gemiddelde μ en een variantie σ^2 .



Figuur 7: Normale verdeling met gemiddelde μ en variantie σ^2

(Bron: Hillier en Lieberman, 2005)

Bij een bepaalde waarde van L kan uit de tabel voor de normale verdeling (bijlage 8) de overeenkomstige waarde van R berekend worden. Het enige wat moet gedaan worden, is het zoeken van de waarde K_{1-L} (het aantal standaarddeviaties van de veiligheidsvoorraad) in deze tabel en deze in te vullen in de volgende formule: $R = \mu + K_{1-L}\sigma$. De resulterende veiligheidsvoorraad bedraagt dan $R - \mu = K_{1-L}\sigma$. Met:

- ✓ μ = de gemiddelde vraag gedurende de *lead time* (D)
- ✓ σ = de standaarddeviatie van de verdeling van de vraag. (Hillier en Lieberman, 2005)

Chase et al. (2006) gaan bij de bespreking van dit model verder in op het bepalen van μ , σ en K_{1-L} . Ze maken hierbij wel gebruik van een andere notatie, maar omwille van de consistentie zullen bij de bespreking hier dezelfde symbolen aangehouden worden als deze die hierboven reeds gebruikt werden.

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} * D, \text{ met } d_i \text{ de vraag gedurende periode } i \text{ en } n \text{ de lengte van deze periode in dagen.}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \mu)^2}{n}}$$

Omdat σ verwijst naar de standaarddeviatie van de vraag gedurende één dag, zal de standaarddeviatie van de vraag gedurende de *lead time* gelijk zijn aan

$$\sigma_D = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_D^2}$$

De methode om de waarde van K_{1-L} te bepalen wordt door Chase et al. (2006) aangegeven aan de hand van volgend voorbeeld: Stel dat er een kans van 0,95 gewenst is dat er geen voorraadbreuk optreedt gedurende de *lead time*. De corresponderende waarde van K_{1-L} is dan 1,64. (zie ook in de tabel van de normale verdeling in bijlage 8)

7.4 Uitwerking van mogelijke verbeteringen aan het beslissingsondersteunend model van het Vlaams Instituut voor de Logistiek aan de hand van de voorraadmodellen

Vooraleer te beginnen met het berekenen van de totale logistieke kost, moet het bedrijf dat deze kost wil kennen, nagaan welk model van voorraadbeheer het meest van toepassing is. Door de benodigde gegevens voor dit voorraadmodel in te vullen in de uitbreiding van het beslissingsondersteunend model (zie ook bijlage 20), kan de totale logistieke kost worden berekend die zou bestaan wanneer het bedrijf deze voorraadpolitiek zou volgen. Waarschijnlijk zal een bedrijf er meestal een eigen voorraadpolitiek op nahouden die niet volledig overeenstemt met één van bovenstaande modellen. Het is belangrijk om na te gaan in hoeverre een wijziging in de voorraadpolitiek kan leiden tot een lagere totale logistieke kost. Misschien is de huidige voorraadpolitiek niet optimaal en kan deze aangepast worden zodat een lagere totale logistieke kost bekomen wordt.

Belangrijk om hierbij te vermelden is wel dat het niet altijd mogelijk is om alle kosten minimaal te houden. Wanneer een onderneming bijvoorbeeld de voorraadkosten kan doen dalen, kunnen er andere kosten zijn (bijv. transportkosten) die hierdoor stijgen. Vandaar dat de uitbreiding van het model van het VIL dan ook probeert na te gaan of een verandering van voorraadpolitiek een positieve of negatieve invloed heeft op de totale logistieke kosten. De benodigde gegevens kunnen bekomen worden aan de hand van een vragenlijst. Het beslissingsondersteunend model bevat reeds een vragenlijst, maar voor de toepassing van deze voorraadberekening zijn er nog andere gegevens nodig. De vragen die aan het model toegevoegd zouden moeten worden, zullen hieronder per voorraadmodel besproken worden. Echter vóór het verzamelen van de gegevens voor het betreffende model mogelijk wordt, moet er nagegaan worden welk model het meest van toepassing is. Op basis hiervan kan de respondent, in dit geval het bedrijf dat de totale logistieke kost wil kennen, doorverwezen worden naar het juiste gedeelte van de vragenlijst (zie ook bijlage 20). De vragen die hiervoor beantwoord moeten worden, zijn hieronder weergegeven.

7.4.1 Deterministic continuous-review model

Voor de *deterministic continuous-review models* zijn volgende vragen belangrijk:

(Tussen haakjes wordt telkens aangegeven welk het antwoord zou moeten zijn om te voldoen aan de voorwaarden voor het deterministic continuous-review model)

- ✓ Komt een nieuwe levering of een nieuwe lading afgewerkte producten pas binnen op het moment dat de voorraad is uitgeput? (Ja)
- ✓ Worden geplande tekorten toegestaan? (Nee, tenzij er gebruik gemaakt wordt van een EOQ-model met geplande tekorten. Dit valt echter buiten het bestek van deze eindverhandeling.)
- ✓ Is er sprake van hoeveelheidskortingen bij de aankoop van de voorraad? (Nee, tenzij er gebruik gemaakt wordt van een EOQ-model met hoeveelheidskortingen. Dit valt eveneens buiten het bestek van deze eindverhandeling.)
- ✓ Doet er zich een constante daling van de voorraad voor, m.a.w. is er per periode een constante vraag? (Ja)
- ✓ Wordt de voorraad elke keer met dezelfde hoeveelheid opnieuw aangevuld? (Ja)

Om meer specifiek sprake te zijn van een EOQ-model moet aan de veronderstellingen hiervoor voldaan zijn. Om dit na te gaan kunnen volgende vragen gesteld worden. (Tussen haakjes wordt elke keer aangegeven welk het antwoord zou moeten zijn om te voldoen aan de voorwaarden voor het EOQ-model)

- ✓ Is er sprake van een gekende constante vraag per tijdseenheid? (Ja)
- ✓ Is er sprake van een vaste bestelhoeveelheid Q per bestelling? (Ja)
- ✓ Arriveert de voorraadaanvulling in één keer, meer bepaald op het moment dat de voorraad uitgeput is? (Ja)
- ✓ Zijn geplande tekorten toegestaan? (Nee)
- ✓ Wordt er gebruik gemaakt van een veiligheidsvoorraad? (Nee)

7.4.2 Deterministic periodic-review model

Voor een *deterministic periodic-review model* moeten volgende vragen gesteld worden: (Tussen haakjes wordt telkens aangegeven welk het antwoord zou moeten zijn om te voldoen aan de voorwaarden voor het *deterministic periodic-review model*)

- ✓ Wordt er een planning opgesteld wat betreft de aankopen of de productie voor een bepaald aantal toekomstige periodes? (Ja)
- ✓ Is de vraag gedurende elk van deze toekomstige periodes gekend? (Ja)
- ✓ Indien ja op vorige vraag, is de vraag verschillend van periode tot periode? (Ja)
- ✓ Is er beginvoorraad? (Nee)

7.4.3 Stochastic continuous-review model

Om na te gaan of er sprake is van een *stochastic continuous-review model* moeten volgende vragen in beschouwing genomen worden: (Tussen haakjes wordt telkens aangegeven welk het antwoord zou moeten zijn om te voldoen aan de voorwaarden voor het *stochastic continuous-review model*)

- ✓ Is er onzekerheid met betrekking tot de toekomstige vraag? (Ja)
- ✓ Wordt het voorraadbeleid toegepast per product of op meerdere producten tegelijkertijd? (per product)
- ✓ Staat het voorraadniveau onder continue controle zodat de huidige waarde steeds gekend is? (Ja)
- ✓ Is er een bepaalde voorraadhoeveelheid bepaald waarbij er opnieuw besteld moet worden? (Ja)
- ✓ Is er een hoeveelheid bepaald die elke keer opnieuw besteld wordt? (Ja)
- ✓ Is er een tijdsperiode tussen het moment dat het order geplaatst wordt en het moment waarop de bestelde hoeveelheid ontvangen wordt? (Ja)
- ✓ Is de vraag gedurende de tijdsperiode uit de vorige vraag onzeker? (Ja)
- ✓ Is de kansverdeling van de vraag gekend of is er ten minste een schatting gemaakt van de vraag? (Ja)
- ✓ Wanneer een voorraadbreek zich voordoet vooraleer de levering van de voorraadaanvulling ontvangen werd, wordt de overtollige vraag dan uitgesteld, zodat aan deze bestellingen voldaan kan worden van zodra er een nieuwe levering binnen komt? (Ja)
- ✓ Is er sprake van een vaste kost bij elk order dat geplaatst wordt of bij elke nieuwe start van de productie? (Ja)
- ✓ Met uitzondering van de vaste kost waarvan sprake was in de vorige vraag, zijn de kosten van de bestelling evenredig met de bestelde hoeveelheid? (Ja)
- ✓ Is er een bepaalde kost voor het aanhouden van voorraad voor elke eenheid die gedurende een bepaalde tijdsperiode in voorraad wordt gehouden? (Ja)
- ✓ Wordt er een tekortkost aangerekend voor elke eenheid waarvan de levering moet worden uitgesteld totdat de voorraad opnieuw aangevuld is wanneer er zich een voorraadbreek voordoet? (Ja)
- ✓ Wordt er een serviceniveau bepaald? En zo ja, hoe wordt dat bepaald?

De bedoeling van deze vragen is dat de respondent antwoordt hoe de huidige voorraadpolitiek gevoerd wordt. Het is waarschijnlijk een utopie om ervan uit te gaan dat er een model zal zijn dat volledig overeenstemt met een praktijksituatie. Maar wanneer aan de meeste veronderstellingen of voorwaarden van een bepaald model voldaan is, zal het betreffende model het meeste aansluiten bij de huidige voorraadpolitiek. Hierdoor zal dit de minste aanpassingen vergen en is het misschien

eenvoudiger om het bedrijf te overtuigen om over te schakelen op deze politiek indien deze de totale logistieke kosten verlaagt. Vandaar dat in deze eindverhandeling, in de mate van het mogelijke, dan ook de huidige voorraadpolitiek van een bedrijf getoetst zal worden aan het model dat hiermee het meeste overeenstemt volgens de bovenstaande vragen. Zo kan dan nagegaan worden of een verandering van voorraadpolitiek een positief effect kan hebben op de totale logistieke kosten. Indien dat het geval is, is het uiteraard aan het bedrijf zelf om te beslissen of er een overschakeling zal plaatsvinden van de ene voorraadpolitiek naar de andere.

7.5 Gegevensverzameling

De gegevens die nodig zijn voor de berekeningen werden hierboven in paragraaf 7.3 reeds besproken. Hier zullen echter de specifieke vragen gegeven worden die toegevoegd kunnen worden aan de vragenlijst om deze gegevens te bekomen. Achter de vraag wordt indien mogelijk aangegeven welk symbool uit de bovenstaande bespreking door de vraag bekend wordt. Bij het verzamelen van de gegevens is het uiteraard de bedoeling dat de respondent enkel de vragen beantwoordt van het model dat gekozen werd op basis van de bovenstaande vragen.

7.5.1 Deterministic continuous-review models

a) EOQ-model

- ✓ Hoeveel eenheden worden er per jaar uit de voorraad gehaald? (d)
- ✓ Hoeveel eenheden worden er per keer besteld of geproduceerd? (Q)
- ✓ Hoeveel bedragen de kosten voor het plaatsen van een bestelling of het opstarten van de productie? (K)
- ✓ Wat zijn de kosten per eenheid voor het produceren of aankopen van elke eenheid? (c)
- ✓ Wat is de kost om één eenheid in voorraad te houden gedurende één jaar? (h)
- ✓ Wat is de *lead time* in uw bedrijf voor het betreffende product? Onder *lead time* wordt verstaan de tijd tussen een order en de levering van het order. Of in het geval het gaat om een producerende onderneming: de tijd tussen de start van de productie en het leveren van de afgewerkte producten.

7.5.2 Deterministic periodic-review models

- ✓ Hoeveel periodes worden er in het model in rekening gebracht? (n)
- ✓ Wat is de vraag gedurende deze verschillende periodes? (periode per periode, geen totaalcijfer) (r_i)
- ✓ Hoeveel bedragen de kosten voor het plaatsen van een bestelling of het opstarten van de productie om de voorraad aan te vullen aan het begin van een periode? (K)
- ✓ Wat zijn de kosten per eenheid voor het produceren of aankopen van elke eenheid? (c)
- ✓ Wat is de kost voor elke eenheid die nog in voorraad is aan het einde van een periode? (h)

7.5.3 Stochastic continuous-review model

Wanneer aan alle voorwaarden voor een (R,Q)-model voldaan is, moeten er nog een aantal gegevens bekomen worden voor de berekening van de voorraadkosten. Deze gegevens worden bekomen door volgende vragen op te nemen in de vragenlijst:

- ✓ Wat is de tekortkost per eenheid wanneer er zich een tekort voordoet? (p)
- ✓ Hoeveel eenheden worden er per keer aan de voorraad toegevoegd? (Q)
- ✓ Hoeveel is het voorraadniveau net nadat een nieuwe batch aan de voorraad toegevoegd werd? (S)
- ✓ Hoeveel bedragen de kosten voor het plaatsen van een bestelling of het opstarten van de productie om de voorraad aan te vullen aan het begin van een periode? (K)
- ✓ Wat zijn de kosten per eenheid voor het produceren of aankopen van elke eenheid? (c)
- ✓ Wat is de kost voor elke eenheid die nog in voorraad is aan het einde van een periode? (h)
- ✓ Hoeveel bedraagt de gemiddelde vraag per tijdseenheid? (d)

Voor dit model moet er ook een serviceniveau bepaald worden. Vooreerst is het interessant te weten hoe het serviceniveau op dit moment bepaald wordt in de onderneming en of deze methode aansluit bij de methodes die op p. 73 reeds aangehaald werden. Misschien wordt er helemaal geen serviceniveau bepaald. Indien dat het geval is, moet nagegaan worden welke methode in het bedrijf het beste kan toegepast worden voor het vastleggen van het serviceniveau. Hiervoor moeten de volgende vragen nader bekeken worden:

- ✓ Wordt er in uw bedrijf een serviceniveau bepaald?
- ✓ Indien u ja antwoordde op de vorige vraag, hoe wordt dit dan bepaald?
- ✓ Hoeveel bedraagt het serviceniveau op dit moment?
- ✓ Naar welk serviceniveau wordt er gestreefd?
- ✓ Indien u nee antwoordde op de eerste vraag van dit gedeelte van de vragenlijst, hoe zou u dit dan het beste kunnen bepalen? Enkele mogelijke manieren volgens Hillier en Lieberman (2005) zijn:
 - De kans vooropstellen dat er zich geen tekort voordoet tussen het plaatsen van het order en de levering van de bestelde goederen.
 - Het gemiddelde aantal tekorten per jaar vooropstellen.
 - Het gemiddelde percentage van de jaarlijkse vraag waaraan onmiddellijk voldaan kan worden vooropstellen (geen tekorten).
 - De gemiddelde tijd vooropstellen die nodig is om backorders op te vullen wanneer een voorraadbreuk zich voordoet.
 - De totale gemiddelde tijd vooropstellen die nodig is om orders op te vullen (waarbij de benodigde tijd zonder een voorraadbreuk gelijk is aan nul).

Uiteraard zijn er ook nog andere manieren en moet niet één van bovenstaande antwoorden gekozen worden indien er andere voorstellen zijn.

Vermits Hillier en Lieberman (2005) een algemene procedure aangeven voor de eerste methode voor het bepalen van de waarde van R , wordt enkel hierop verder ingegaan in deze eindverhandeling. De andere methodes zijn uiteraard ook toepasbaar, maar in het kader van deze eindverhandeling zou dit het beslissingsondersteunend model van het VIL te ver uitbreiden, waardoor het misschien minder aantrekkelijk wordt om het naar bedrijven toe te promoten. Niettegenstaande dit, zou het wel interessant kunnen zijn om eventueel in verdere studies na te gaan hoe het model zodanig aangepast kan worden aan deze methodes dat het toch nog aantrekkelijk blijft.

Als besluit van dit hoofdstuk is het belangrijk te vermelden dat er zeer veel voorraadmodellen ontwikkeld zijn in het verleden en dat het onmogelijk is om al deze modellen en hun invloed op de totale logistieke kost te berekenen in deze eindverhandeling. De Excel-rekenbladen voor de hierboven besproken modellen zijn terug te vinden in bijlage 20.

Hoofdstuk VIII: Gevalstudie Steenfabrieken Vandersanden

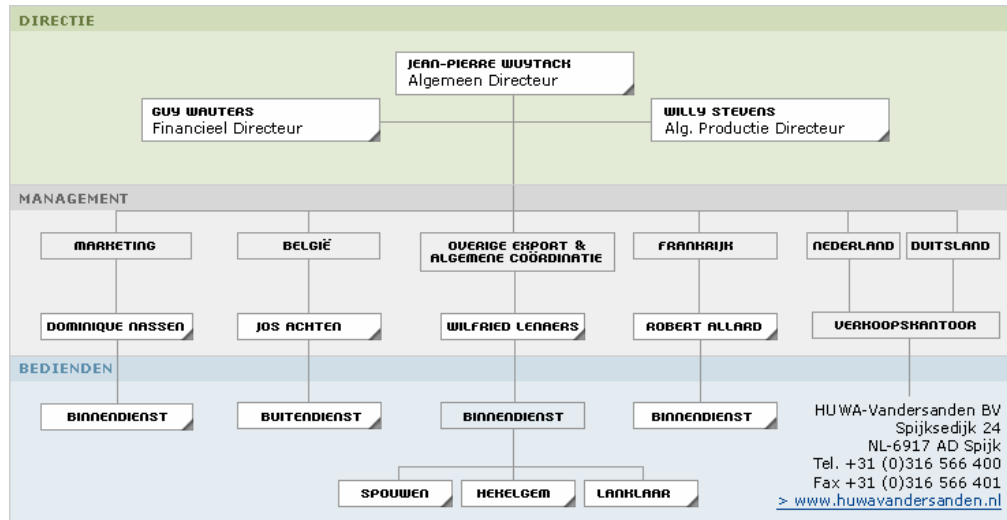
Het beslissingsondersteunend model van het VIL, dat het hoofdonderwerp vormt in deze eindverhandeling, werd in het verleden, bij wijze van proef, reeds toegepast bij een bedrijf uit de bouwsector, namelijk Kerkstoel 2000+ te Grobbendonk. In deze vestiging produceert het bedrijf dubbele wanden, breedplaten en wapening.

Omdat deze eindverhandeling tot doel heeft om het beslissingsondersteunend model van het VIL verder te valideren en te verfijnen, wordt het hier toegepast bij Steenfabrieken Vandersanden. In wat volgt zal eerst een beknopte voorstelling gegeven worden van het bedrijf Vandersanden. Daarna zal aandacht geschonken worden aan het logistieke proces van deze onderneming en de alternatieve mogelijkheden die hiervoor overwogen worden. Vervolgens worden een aantal alternatieven grondiger bestudeerd aan de hand van het model. Ten slotte volgt er nog een vergelijking van deze alternatieven en een conclusie.

8.1 Bedrijfsvoorstelling Vandersanden

Steenfabrieken Vandersanden zijn bekend als één van de grote steenbakkers van de Benelux. Zoals veel ondernemingen proberen ze steeds rekening te houden met de principes van duurzaam ondernemen, terwijl ze de belangen van de stakeholders trachten te behartigen.

Om hun missie te bereiken is er een heel team van directie, management en bedienden die samenwerken aan de gezamenlijke missie van Vandersanden. Een organogram van de onderneming is weergegeven in onderstaande figuur.



Figuur 8: Organogram Vandersanden

Bron: Steenfabrieken Vandersanden: Wie is wie? (2006)

Vandersanden behoort tot de voornaamste handvormgevelsteen-producenten van België. De onderneming bestaat reeds meer dan 75 jaar en heeft in de loop der jaren een aantal groeifasen doorgemaakt. De eerste groeifase tekende zich af tussen 1925 en 1972 en werd gekenmerkt door de groei van het aantal fabrieken. Groei door modernisering was vooral het kenmerk van de tweede groeifase die zich voordeed tussen 1978 en 1984. In de derde groeifase kende Vandersanden vooral een groei door schaalvergroting. Deze fase speelde zich af tussen 1987 en 1995. Als vierde en meest recente groeifase was er de groei door professionalisering en internationalisering vanaf 1996. (Steenfabrieken Vandersanden: Historiek, 2006)

Inmiddels heeft Vandersanden reeds zeven vestigingen in binnen- en buitenland. Het gaat hierbij meer bepaald om de volgende vestigingen: Spouwen-Bilzen, Lanklaar en Hekelgem (België); Spijk, Angeren en Hedikhuizen (Nederland) en Halluin (Frankrijk). (Steenfabrieken Vandersanden: Vestigingen, 2006) Enkele overzichtskaarten van de ligging en de functies van deze vestigingen zijn terug te vinden in bijlage 11.

8.2 Omschrijving logistiek proces Steenfabrieken Vandersanden

In het verleden verliep alle transport van Steenfabrieken Vandersanden naar de verschillende werven van de klanten over de weg. Echter op 8 februari 2007 heeft Vandersanden een experiment uitgevoerd om bakstenen te vervoeren via de binnenvaart. Een krantenartikel hierover is te vinden in bijlage 12. In bijlage 17 zijn ook enkele foto's weergegeven van de eerste uitvoering van de proefvaart.

De lading bakstenen werd via het binnenschip vervoerd vanuit Lanklaar naar Menen (zie kaart in bijlage 16) om van daaruit verder verdeeld te worden door middel van het wegvervoer naar verschillende werven in Noord-Frankrijk. Volgens Jos Bloemen van Vandersanden is één van de motieven voor een eventuele overschakeling op de binnenvaart het feit dat de wegen dichtslibben. Onder meer daardoor is Vandersanden de mogelijkheid van het vervoer van pallets via de binnenvaart in beschouwing gaan nemen. Een vrachtwagen kan 25 ton bakstenen laden. Een binnenvaartschip kan daarentegen ongeveer 1.200 ton lading vervoeren. (Het Belang van Limburg, 2007b)

Aangezien de maximale capaciteit van de Zuid-Willemsvaart 1.100 ton bedraagt en Vandersanden hier dan ook zo veel mogelijk gebruik van wil maken, wordt er verder in deze eindverhandeling gerekend met een lading van 1.100 ton voor een binnenschip. Vermits een vrachtwagen ongeveer 25 ton bakstenen kan vervoeren, zorgt één schip voor het goederenvervoer dat anders over de weg met om en bij de 40 à 44 vrachtwagens zou gebeuren. Uiteraard moet er wel rekening mee gehouden worden dat in sommige gevallen voor- en/of natransport over de weg noodzakelijk zal zijn. In deze eindverhandeling zullen de totale logistieke kosten van het traject via de binnenvaart en het natransport via de weg vergeleken worden met de totale logistieke kosten voor het transport met vrachtwagens.

Het project van Vandersanden kadert in een ruimer geheel van een initiatief van Voka. Voka heeft in het najaar van 2005 besloten om samen te werken met de waterwegbeheerders Waterwegen en Zeekanaal NV in Willebroek en de NV Scheepvaart om ondernemingen beter vertrouwd te maken met transport over het water. Hiervoor hebben ze drie transportdeskundigen aangesteld. Eén van de ondernemingen die begeleid worden door een transportdeskundige is Vandersanden. Het doel van Vandersanden is om jaarlijks ongeveer 35.000 ton bakstenen via de binnenvaart te vervoeren naar West-Vlaanderen en Noord-Frankrijk in plaats van via de weg zoals tot op heden het geval was. (Voka – Vlaams Economisch Verbond, 2006) Ondertussen is deze hoeveelheid echter reeds gewijzigd tot 40.000 ton bakstenen per jaar.

Vandersanden wil zo een 'steentje' bijdragen tot het mobiliteitsvraagstuk dat de laatste jaren sterk in de aandacht is gekomen. W. Roox van Vandersanden zegt hierover het volgende: "Een handelaar in bouwmaterialen in Menen bood ons aan een voorraad aan te leggen op zijn terrein, dat aan de Leie ligt. Onze klant wordt nu van veel nabijer bediend en kan files vermijden. We bieden dit aan als extra service. Wie tientallen keren in de file staat, zou wel eens een andere leverancier kunnen kiezen. Dat willen we vermijden. De kleine meerkost weegt niet op tegen het gebruiksgemak voor de klant. Een volgende stap is om synergie te zoeken bij andere bouwondernemingen langs het water en samen transporten op te zetten." (Voka – Vlaams Economisch Verbond, 2006)

8.3 Omschrijving huidige situatie en mogelijk alternatief met de binnenvaart

De goederenstroom, welke in deze gevalstudie van naderbij bekeken wordt, is het transport van bakstenen van de fabrieken van Vandersanden te Lanklaar en Spouwen-Bilzen naar verschillende werven in het noorden van Frankrijk. Tot op heden gebeurde dit transport altijd volledig via de weg. In het recente verleden is Vandersanden echter de binnenvaart als een optie gaan beschouwen. Met de hulp van de heer F. Verbeke werd een eerste proefvaart georganiseerd op 8 februari 2007.

Vooraleer de stap te zetten naar de binnenvaart, moest uiteraard bepaald worden voor welk assortiment goederen de overschakeling zou plaatsvinden. Dit gebeurde door te bepalen welke stenen in de beoogde regio's een aanvaardbare afzet hebben. Verder werd er ook nog beslist om Oost-Vlaanderen buiten beschouwing te laten in dit project wegens de aanwezigheid van het depot in Hekelgem. (Intern document Vandersanden, 2007)

Aanvankelijk was het de bedoeling om te starten met één vracht per maand en dit geleidelijk aan op te drijven naar één vracht per veertien dagen. Vandersanden zou hierbij gebruik maken van schepen met een capaciteit van ongeveer 1.100 ton, oftewel ongeveer 850 paletten. (Intern document Vandersanden, 2007) Ondertussen is het aantal vrachten echter gewijzigd. De intentie van Vandersanden is om jaarlijks 40.000 ton bakstenen te vervoeren via de binnenvaart. Dit komt overeen met ongeveer 36 scheepsvrachten van elk 1.100 ton.

Voor het laden van het schip in Lanklaar werden voor de eerste proefvaart twee kraanwagens gebruikt. Het lossen van het schip in Menen gebeurde met één kraanwagen en één kraan op rupsbanden met daaraan een haak bevestigd die bij wijze van test twee pakken tegelijkertijd kon opnemen. (Intern document Vandersanden, 2007) In de toekomst is het echter de bedoeling om gebruik te maken van een ponton, dat geduwd zal worden door een duwboot. Het ponton heeft een capaciteit van 700 ton. Hierdoor zullen er jaarlijks ongeveer 58 transporten plaatsvinden om het totaal van 40.000 ton stenen te vervoeren. Voor het laden en lossen zal, in de mate van het mogelijke, gebruik gemaakt worden van het *roll-on/roll-off* principe. Om dit mogelijk te maken, zal Vandersanden, indien de optie voor de binnenvaart een voordelig alternatief blijkt te zijn, in de toekomst een rijbrug¹² voorzien aan de fabriek in Lanklaar. Hierdoor kan het ponton geladen worden met behulp van heftrucks. Het doel is om een laadsnelheid van minstens 150 ton per uur te behalen.

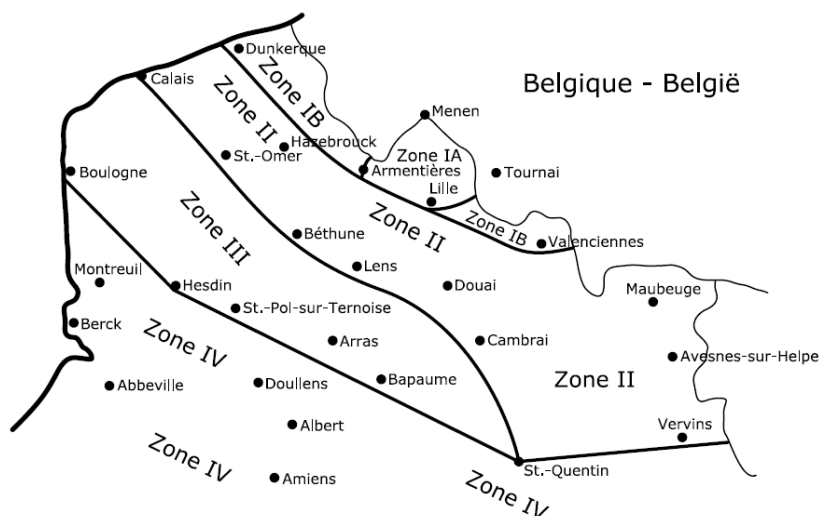
¹² Foto's van het gebruik van een rijbrug voor roll-on/roll-off transport zijn weergegeven in bijlage 9.

8.4 Uitwerking gevalstudie

Zoals in bovenstaande tekst reeds werd aangegeven, overweegt Vandersanden voor het transport van bakstenen van Lanklaar en Spouwen-Bilzen naar Noord-Frankrijk op dit moment twee mogelijke vervoerswijzen. De eerste mogelijkheid is om alles via het wegvervoer te transporteren, terwijl bij de tweede mogelijkheid voor het grootste deel van het traject een beroep gedaan wordt op de binnenvaart. Deze twee mogelijkheden zullen in de volgende paragrafen verder besproken worden.

8.4.1 Wegvervoer

Vandersanden heeft in Belgisch Limburg vestigingen in Lanklaar en in Spouwen-Bilzen. De goederenstroom naar Noord-Frankrijk vanuit Lanklaar en Spouwen-Bilzen gebeurde tot op heden volledig via de weg. De vijf zones in Frankrijk waar Vandersanden bakstenen aanlevert, zijn op onderstaande figuur weergegeven. Vermits het merendeel van de goederen geleverd wordt in zone II (Calais – Avesnes-sur-Helpe) op de figuur, wordt de gemiddelde afstand voor de transporten naar Noord-Frankrijk geschat op 280 kilometer vanuit Lanklaar en Spouwen-Bilzen. De totale lading bedraagt 40.000 ton per jaar. Vermits een vrachtwagen gemiddeld 25 ton stenen kan transporteren, komt dit overeen met 1.600 wegtransporten per jaar.



Figuur 9: Zones in Noord-Frankrijk waar door Vandersanden wordt geleverd

(Bron: Intern document Vandersanden, 2007)

Om de nodige gegevens te bekomen voor deze gevalstudie, werd onder meer de vragenlijst ingevuld die deel uitmaakt van het beslissingsondersteunend model van het VIL. Dit gebeurde in samenwerking met de heer W. Roox, logistiek coördinator bij Vandersanden. De ingevulde vragenlijst is terug te vinden als onderdeel van het Excel-bestand in bijlage 19. Op basis van deze gegevens werden de componenten van de totale logistieke kost berekend. Deze berekeningen worden hieronder meer gedetailleerd weergegeven.

a) Berekening totale logistieke kost wegvervoer

In deze paragraaf wordt de berekening weergegeven van de kostencomponenten van de totale logistieke kost voor de gevalstudie van Vandersanden. Alle gegevens die worden gebruikt in deze paragraaf hebben betrekking op het alternatief waarbij enkel gebruik gemaakt wordt van het wegvervoer voor de bestudeerde goederenstroom. Het gaat met andere woorden om de totale logistieke kost van de huidige transportsituatie bij Vandersanden. Achtereenvolgens zullen de berekeningen gegeven worden van de transportkosten, transporttijdkosten, overslagkosten, voorraadkosten en interne bedrijfskosten. Uit al deze componenten kan dan de totale logistieke kost berekend worden. De resultaten van deze berekeningen zijn eveneens terug te vinden in bijlage 19, waar het model als Excel-bestand werd opgenomen.

- Transportkosten

Voor de berekening van de transportkosten werd gebruik gemaakt van de volgende formules:

- ✓ Kosten externe dienstverleners (EUR) = [transportkost per km (EUR/km) x aantal km (km)] + [transportkost per uur (EUR/uur) x aantal uren (uur)] + [overige kosten (EUR)] =
[1,2088 EUR/km x 450.000 km] + 0 EUR + 0 EUR = 544.000 EUR
- ✓ **Transportkost (EUR)** = [transportkost externe dienstverleners (EUR)] + [transportkost eigen onderneming (EUR)] = 544.000 EUR + 0 EUR = **544.000 EUR**

- Transporttijdkosten

De formule voor de berekening van de transporttijdkost ziet er als volgt uit:

- ✓ Transporttijdkost (EUR) = [waardering tijd (%)] x [gemiddelde tijd per geladen transport (jaar)] x [jaarlijks getransporteerde waarde (EUR)]

In het beslissingsondersteunend model van het VIL bestaat de waardering van de tijd uit vier componenten: de kapitaalkost, de bederfbaarheid (fysisch en economisch) en het risico op schade en verlies. De *kapitaalkost* die in deze berekeningen wordt gebruikt, is de gemiddelde intrestvoet die moet betaald worden op leningen die een onderneming verkrijgt van de bank. Deze wordt voor deze berekeningen geschat op zes procent. De resultaten van enkele scenario's met andere percentages zijn weergegeven in bijlage 13.

Wat de *fysische bederfbaarheid* betreft, moet er rekening mee gehouden worden dat er bij het wegvervoer fysisch bederf is van bakstenen. De stenen die op de paletten gestapeld liggen, schuren tijdens het transport tegen elkaar. Hierdoor treden er aan de raakvlakken van de stenen soms kleurveranderingen op. Dit is uiteraard een ongewenst effect waardoor de stenen soms behandeld moeten worden na de levering. De kosten hiervan moeten in rekening gebracht worden. Voor het wegvervoer werden deze kosten geschat op 0,1 procent van de jaarlijks getransporteerde waarde. Van *economisch bederf* is in de betreffende sector weinig of geen sprake. Vandaar dat dit in de gevalstudie gelijk gesteld wordt aan 0 procent. Het *risico op schade en verlies* bedraagt 0,2 procent van de jaarlijks getransporteerde waarde.

De *gemiddelde tijd per geladen transport* (uitgedrukt in jaar) is gelijk aan:

$$\checkmark \quad \frac{\text{Totale jaarlijkse geladen transporttijd (jaar)}}{\text{aantal transporten}} = \frac{\frac{8.000u}{365 \times 24u / \text{jaar}}}{1.600} = 0,00057 \text{ jaar}$$

De transporttijd kost wordt dan:

$$\checkmark \quad \textbf{Transporttijd kost (EUR)} = [\text{waardering tijd (\%)}] \times [\text{gemiddelde tijd per geladen transport (jaar)}] \times [\text{jaarlijks getransporteerde waarde (EUR/jaar)}] = [6\% + 0,1\% + + 0\% + 0,2\%] \times 0,00057 \text{ jaar} \times 3.840.000 \text{ EUR/jaar} = \textbf{138,08 EUR}$$

- Overslagkost

Voor de berekening van deze component worden de volgende formules gehanteerd:

- ✓ Overslagkost externe dienstverlener (EUR) = [kost per overslagbehandeling (EUR/overslag)]
x [aantal overslagbehandelingen]
- ✓ Overslagkost (EUR) = [Overslagkost externe dienstverleners (EUR)] + [overslagkost eigen onderneming (EUR)]

Vermits het laden van de vrachtwagens door Vandersanden zelf uitgevoerd wordt en vermits de kosten voor het lossen door de externe transporteur worden verrekend in de prijs voor het transport (dus in de transportkosten), worden er geen afzonderlijke overslagkosten aangerekend door de externe dienstverlener. Het is dan ook moeilijk om te bepalen hoeveel deze bedragen als onderdeel van het transporttarief dat de externe dienstverlener aanrekent. Er zijn echter wel overslagkosten van de eigen onderneming. Deze bestaan uit personeelskosten (12.000 EUR), kosten voor de superstructuur (8.000 EUR) en onderhoudskosten (320 EUR). Dit levert een **totale overslagkost** op van **20.320 EUR**.

- Voorraadkost

De berekening van de voorraadkost vertoont sterke gelijkenissen met de berekening van de transporttijd kost. Voor de voorraadkostberekening wordt volgende formule gebruikt:

$$\checkmark \text{ Voorraadkost (EUR) } = [\text{waardering voorraad (EUR)}] \times [\text{gemiddelde jaarlijkse voorraadwaarde (EUR)}].$$

Hierin bestaat de waardering van de voorraad uit vijf elementen. Deze elementen zijn: de kapitaalkost, de magazijnkost, de bederfbaarheid (zowel fysisch als economisch) en het risico op schade en verlies.

De *kapitaalkost* wordt net zoals bij de berekening van de transporttijd kost geschat op zes procent. Scenario's met andere percentage voor de kapitaalkost zijn uitgewerkt in bijlage 13.

Om tot de *magazijnkost* te komen, moet volgende berekening uitgevoerd worden:

$$\checkmark \text{ magazijnkost}(\%) = \frac{\text{Waarde magazijnkost(EUR)}}{\text{Gemiddelde jaarlijkse voorraadwaarde(EUR)}}.$$

De *gemiddelde jaarlijkse voorraadwaarde* kan op haar beurt berekend worden via:

$$\checkmark (\text{totale jaarlijkse omzet (EUR)} \times \frac{\text{gemiddeld aantal dagen voorraad(dagen)}}{365 \text{ dagen}})$$

In dit geval levert deze berekening een resultaat op van

$$\frac{(5.120.000 \text{ EUR} \times 60 \text{ dagen})}{365 \text{ dagen}} = 841.643,84 \text{ EUR}.$$

De magazijnkost (%) wordt dan: $\frac{112.320 \text{ EUR}}{841.643,84 \text{ EUR}} = 13,3\%$.

Het probleem van het schuren van de bakstenen zoals dit bestond bij het transport, is niet van toepassing wanneer de stenen in voorraad liggen. Vandaar dat de kosten voor *fysisch bederf* in dit geval 0 procent bedragen. Het *economisch bederf* is in de betreffende sector ook verwaarloosbaar. Het *risico op schade en verlies* bedraagt ongeveer 0,6 procent van de gemiddelde voorraadwaarde. Dit is te verklaren uit het feit dat heftrucks soms schade aanrichten aan de pakken met stenen. De waardering van de voorraad wordt in dit geval $6\% + 0\% + 0\% + 13,3\% + 0,6\% = 19,9\%$. Vermits de gemiddelde jaarlijkse voorraadwaarde, zoals reeds eerder berekend werd, gelijk is aan 841.643,84 EUR, is de **voorraadkost** gelijk aan $19,9\% \times 841.643,84 \text{ EUR} = \mathbf{167.868,49 \text{ EUR}}$

- Interne bedrijfskost

De interne bedrijfskost werd bij de verschillende alternatieven niet in de berekeningen opgenomen daar deze niet gekend was. Een schatting hiervan maken zou moeilijk zijn en leiden tot te grote fouten in de berekening van de totale logistieke kost. Daar verwacht wordt dat deze kost niet significant verschilt voor beide alternatieven, wordt deze overal buiten beschouwing gelaten.

- *Samenvatting*

Een overzicht van de verschillende componenten en de totale logistieke kost, is terug te vinden in onderstaande tabel.

Tabel 9: Kostencomponenten alternatief via het wegvervoer

Kostencomponent	Euro	Percentage
Transportkost	544.000,00 EUR	74,28%
Transporttijdkost	138,08 EUR	0,02%
Overslagkost	20.320,00 EUR	2,77%
Voorraadkost	167.868,49 EUR	22,92%
Interne Bedrijfskost	Deze component werd in beide alternatieven niet in de berekeningen opgenomen daar deze niet gekend was. Een schatting hiervan maken zou leiden tot te grote fouten in de berekening van de totale logistieke kost.	
Totale logistieke kost	732.326,58 EUR	100%

Zoals uit bovenstaande tabel af te leiden is, vormen de transportkosten en de voorraadkosten de belangrijkste kostencomponenten wat betreft hun aandeel in de totale logistieke kost. De overslagkosten en transporttijdkosten vertegenwoordigen een veel kleiner gedeelte van de totale logistieke kost. Zeker de transporttijdkost, die slechts 138,08 EUR of 0,02 procent van de totale logistieke kost uitmaakt, is verwaarloosbaar in deze berekening.

8.4.2 Binnenvaart met natransport over de weg

De vestiging van Vandersanden in Lanklaar is gelegen aan de Zuid-Willemsvaart. Vandersanden beschikt op dit moment nog niet over een eigen laad- en loskade. Voor het proefproject werd daarom gebruik gemaakt van de kade van Bekaert. Vermits deze kade vlakbij de fabriek van Vandersanden gelegen is, kunnen de goederen daar onmiddellijk in het schip geladen worden en is er geen voortransport vereist. Naar de toekomst toe heeft Vandersanden echter als doel om gebruik te maken van een ponton, dat voortgeduwd wordt met behulp van een duwboot. Wanneer het ponton ingezet wordt, kunnen de paletten rechtstreeks met de heftruck op het ponton worden geladen (*roll-on/roll-off* principe) met behulp van een rijbrug. De berekeningen die volgen zijn gebaseerd op de gegevens die werden bekomen met het proefproject met de binnenvaart. Daar een aantal gegevens van het gebruik van een ponton slechts laat bekend waren, zullen de berekeningen met deze gegevens niet uitgebreid besproken worden. De resultaten ervan zijn wel terug te vinden in bijlage 13 en deels ook in paragraaf 8.6.1.

De bedoeling van Vandersanden is om de maximale capaciteit van de Zuid-Willemsvaart (1.100 ton) zo goed en zo volledig mogelijk te benutten. Daarom zullen er jaarlijks om en bij de 36

scheepsvrachten van elk ongeveer 1.100 ton plaatsvinden.¹³ De goederen worden bij Vandersanden in Lanklaar in het schip geladen en van daaruit vervoerd naar het depot in Menen. Van daaruit worden de bakstenen (40.000 ton per jaar) verder vervoerd naar Noord-Frankrijk via het wegvervoer. Het traject via de binnenvaart, dat meer gedetailleerd wordt weergegeven in bijlage 18, bedraagt ongeveer 296,5 km. Het gedeelte van het natransport over de weg van Menen tot Noord-Frankrijk bedraagt gemiddeld 60 kilometer. Deze afstand is net zoals bij het alternatief van het wegvervoer berekend op basis van de gemiddelde afstand tot zone II (Calais – Avesnes-sur-Helpe). Vermits de capaciteit van een schip (1.100 ton) veel groter is dan deze van een vrachtwagen (25 ton), zijn voor de 36 scheepsvrachten nog eens ongeveer 1.600 natransporten nodig vanuit Menen tot aan de werven van de klanten in Frankrijk.

Om de benodigde gegevens te bekomen, werd gebruik gemaakt van dezelfde vragenlijst uit het model van het VIL als deze voor het alternatief met het wegvervoer. De ingevulde versie is terug te vinden in bijlage 19. Op basis van de gegevens uit deze vragenlijst werden de componenten van de totale logistieke kost berekend. De berekeningen van de diverse componenten worden hieronder meer gedetailleerd weergegeven.

a) Berekening totale logistieke kost binnenvaart met natransport over de weg

In deze paragraaf wordt de berekening weergegeven van de kostencomponenten van de totale logistieke kost voor de gevalstudie van Vandersanden. Alle gegevens die worden gebruikt in deze paragraaf hebben betrekking op het alternatief waarbij gebruik gemaakt wordt van goederenvervoer via de binnenvaart en natransport over de weg. Achtereenvolgens zullen de berekeningen gegeven worden van de transportkosten, transporttijdskosten, overslagkosten, voorraadkosten en interne bedrijfskosten. Uit al deze componenten kan dan de totale logistieke kost berekend worden. De resultaten van deze berekeningen zijn eveneens terug te vinden in bijlage 19, waar het model als Excel-bestand werd opgenomen.

- Transportkosten

De totale transportkost die Vandersanden aan de externe dienstverleners moet betalen bedraagt 524.000 EUR. Dit is de totale transportkost voor het goederenvervoer via de binnenvaart (36 scheepsvrachten) en het natransport langs de weg (1.600 ritten). De tarieven die hiervoor aangerekend worden zijn voor het wegvervoer 8,4 EUR/ton en voor het binnenvaartvervoer 4,7 EUR/ton.

$$\begin{aligned} \checkmark \text{ **Transportkost (EUR)}** &= [\text{transportkost externe dienstverleners (EUR)}] + [\text{transportkost} \\ &\text{eigen onderneming (EUR)}] = [(40.000 \text{ ton} \times 4,7 \text{ EUR/ton}) + (40.000 \text{ ton} \times 8,4 \text{ EUR/ton})] + \\ &0 \text{ EUR} = \textbf{524.000 EUR} \end{aligned}$$

¹³ Wanneer met een ponton gewerkt wordt, gaat het om 58 vrachten van elk 700 ton.

- *Transporttijdkosten*

Deze kostencomponent wordt net zoals bij het alternatief van het wegvervoer berekend met behulp van de volgende formule:

$$\checkmark \text{ Transporttijdkost (EUR) = [waardering tijd (\%)] \times [gemiddelde tijd per geladen transport (jaar)] \times [jaarlijks getransporteerde waarde (EUR)]}$$

Ook hier bestaat de waardering van de tijd uit vier componenten: de kapitaalkost, de bederfbaarheid (fysisch en economisch) en het risico op schade en verlies. De *kapitaalkost* die in deze berekeningen wordt gebruikt, wordt net zoals bij het alternatief van het wegvervoer geschat op zes procent. Zoals bij het wegvervoer zijn de resultaten van enkele scenario's met andere percentages voor de kapitaalkost weergegeven in bijlage 13.

Het *fysische bederf* bedraagt ongeveer 0,1 procent van de getransporteerde waarde. Indien dit percentage vergeleken wordt met dat bij het wegvervoer, valt het op dat het voor beide alternatieven hetzelfde is. Bij het multimodaal transport worden de bakstenen over een korter traject met vrachtwagens vervoerd. Hierdoor wordt een deel van de schade als gevolg van het tegen elkaar schuren van de stenen op de vrachtwagen vermeden. Op het schip is dit schuren van de stenen namelijk aanzienlijk minder. Bij het multimodaal vervoer is er echter een extra overslag nodig. Het vaker behandelen (opnemen en neerzetten) van paletten met stenen zorgt bij de binnenvaart voor fysisch bederf. Daarom werd in de berekeningen voor beide alternatieven hetzelfde percentage van fysisch bederf aangehouden. Het *economische bederf* is ook in dit alternatief 0 procent vermits het economisch bederf in de betreffende sector verwaarloosbaar is. Het *risico op schade en verlies* bedraagt 0,2 procent van de jaarlijks getransporteerde waarde.

De *gemiddelde tijd per geladen transport* uitgedrukt in jaar is gelijk aan:

$$\checkmark \frac{\text{Totale jaarlijkse geladen transporttijd (jaar)}}{\text{aantal transporten}} = \frac{5.072u}{365 \times 24u / \text{jaar}} = 0,01608 \text{ jaar}$$

De transporttijdkost wordt dan:

$$\checkmark \text{ **Transporttijdkost (EUR)** = [waardering tijd (\%)] \times [gemiddelde tijd per geladen transport (jaar)] \times [jaarlijks getransporteerde waarde (EUR/jaar)] = [6\% + 0,1\% + 0\% + 0,2\%] \times 0,01608 \text{ jaar} \times 3.840.000 \text{ EUR/jaar} = \textbf{3.890,85 EUR}}$$

- *Overslagkosten*

De overslagkosten van de eigen onderneming bedragen 20.120 EUR. Deze bestaan uit personeelskosten (11.880 EUR), kosten voor de superstructuur (7920 EUR) en onderhoudskosten (320 EUR). De kosten voor de overslag in het depot te Menen (overslag van 36 schepen op 3600 vrachtwagens) bedragen 60.000 EUR (1,5 EUR/ton x 40.000 ton) en worden als kosten van de externe dienstverlener beschouwd. Dit levert een totale **overslagkost van 80.120 EUR** op. Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat in het tarief van 1,5 EUR/ton, aangerekend door de externe dienstverlener, ook een gedeelte zit dat aangerekend wordt voor de voorraad die in Menen aangehouden wordt. Het is echter moeilijk om het tarief van 1,5 EUR/ton uit te splitsen naar voorraadkost en overslagkost. Aangezien het aannemelijk is dat de overslag een groter gedeelte van de kosten uitmaakt in Menen, wordt het totaalbedrag van 60.000 EUR toegerekend aan de overslagkosten.

In de mate van het mogelijke kan het naar de toekomst toe wel interessant zijn om een uitsplitsing te maken van deze kosten naar overslagkosten en voorraadkosten. Wanneer immers voorraad in Menen wordt aangehouden om te kunnen anticiperen op de vraag van de klanten die van daaruit beleverd worden, kan het depot in Menen beschouwd worden als een soort proactief magazijn. Aangezien in dat geval de voorraad in Menen een belangrijke functie vervult, is het interessant om de kosten hiervan afzonderlijk te kennen. Tot op heden was dit echter niet mogelijk om deze uitsplitsing te maken omwille van het vroege stadium van het project.

- *Voorraadkost*

Net zoals bij het alternatief van het wegvervoer vertoont de berekening van de voorraadkost sterke gelijkenissen met de berekening van de transporttijdkost. Voor de voorraadkostberekening wordt volgende formule gebruikt:

$$\checkmark \text{ Voorraadkost} = [\text{waardering voorraad (EUR)}] \times [\text{gemiddelde jaarlijkse voorraadwaarde (EUR)}]$$

Hierin bestaat de waardering van de voorraad uit vijf elementen. Deze elementen zijn: de kapitaalkost, de magazijnkost, de bederfbaarheid (zowel fysisch als economisch) en het risico op schade en verlies.

De *kapitaalkost* wordt net zoals bij de berekening van de transporttijdkost geschat op zes procent. Scenario's met andere percentages voor de kapitaalkost zijn uitgewerkt in bijlage 13

Voor de berekening van de *magazijnkost* wordt gebruik gemaakt van de volgende formule:

$$\checkmark \text{ magazijnkost}(\%) = \frac{\text{Waarde magazijnkost(EUR)}}{\text{Gemiddelde jaarlijkse voorraadwaarde(EUR)}}$$

De *gemiddelde jaarlijkse voorraadwaarde* kan berekend worden via:

$$\checkmark \quad (\text{totale jaarlijkse omzet (EUR)} \times \frac{\text{gemiddeld aantal dagen voorraad(dagen)}}{365 \text{ dagen}})$$

In dit geval levert deze berekening een resultaat op van $\frac{(5.120.000 \text{ EUR} \times 60 \text{ dagen})}{365 \text{ dagen}} =$

841.643,84 EUR. De magazijnkost (%) wordt dan: $\frac{112.320 \text{ EUR}}{841.643,84 \text{ EUR}} = 13,3\%$. Wanneer de

goederen in voorraad liggen, is er geen sprake van fysisch bederf. Vandaar dat de kosten voor *fysisch bederf* in dit geval 0 procent bedragen. Het *economisch bederf* is in de betreffende sector ook verwaarloosbaar. Het *risico op schade en verlies* bedraagt ongeveer 0,6 procent van de gemiddelde voorraadwaarde. Dit is te verklaren door het feit dat heftrucks soms schade toebrengen aan de pakken met stenen. De waardering van de voorraad wordt in dit geval $6\% + 0\% + 0\% + 13,3\% + 0,6\% = 19,9\%$. Vermits de gemiddelde jaarlijkse voorraadwaarde, zoals reeds eerder berekend werd, gelijk is aan 841.643,84 EUR, is de **voorraadkost** gelijk aan $19,9\% \times 841.643,84 \text{ EUR} = \mathbf{167.868,49 \text{ EUR}}$.

- Interne bedrijfskost

De interne bedrijfskost werd bij de verschillende alternatieven niet in de berekeningen opgenomen daar deze niet gekend was. Een schatting hiervan maken zou moeilijk zijn en leiden tot te grote fouten in de berekening van de totale logistieke kost. Daar deze kost niet significant verschilt voor beide alternatieven, wordt deze overal buiten beschouwing gelaten.

- Samenvatting

Een overzicht van de verschillende componenten en de totale logistieke kost, is terug te vinden in onderstaande tabel.

Tabel 10: Kostencomponenten alternatief binnenvaart

Kostencomponent	Euro	Percentage
Transportkost	524.000,00 EUR	67,54%
Transporttijdkost	3.890,85 EUR	0,50%
Overslagkost	80.120,00 EUR	10,33%
Voorraadkost	167.868,49 EUR	21,64%
Interne Bedrijfskost	Deze component werd in beide alternatieven niet in de berekeningen opgenomen daar deze niet gekend was. Een schatting hiervan maken zou leiden tot te grote fouten in de berekening van de totale logistieke kost.	
Totale logistieke kost	775.879,34 EUR	100%

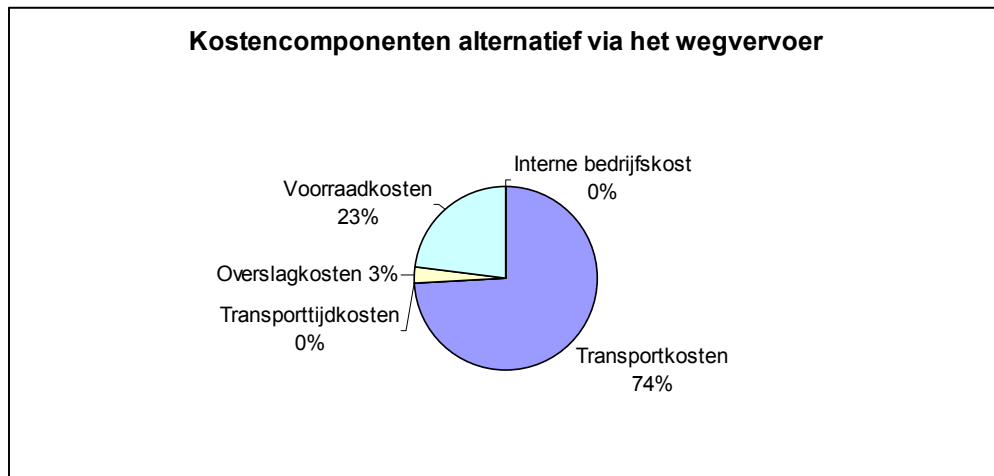
Zoals uit bovenstaande tabel af te leiden is, vormen de transportkosten en de voorraadkosten de belangrijkste kostencomponenten wat betreft hun aandeel in de totale logistieke kost. De overslagkosten en transporttijdskosten vertegenwoordigen een veel kleiner gedeelte van de totale logistieke kost. Zeker de transporttijdkost, die slechts 4.510,68 EUR of 0,54% van de totale logistieke kost uitmaakt, is verwaarloosbaar in deze berekening.

8.4.3 Vergelijking alternatieven

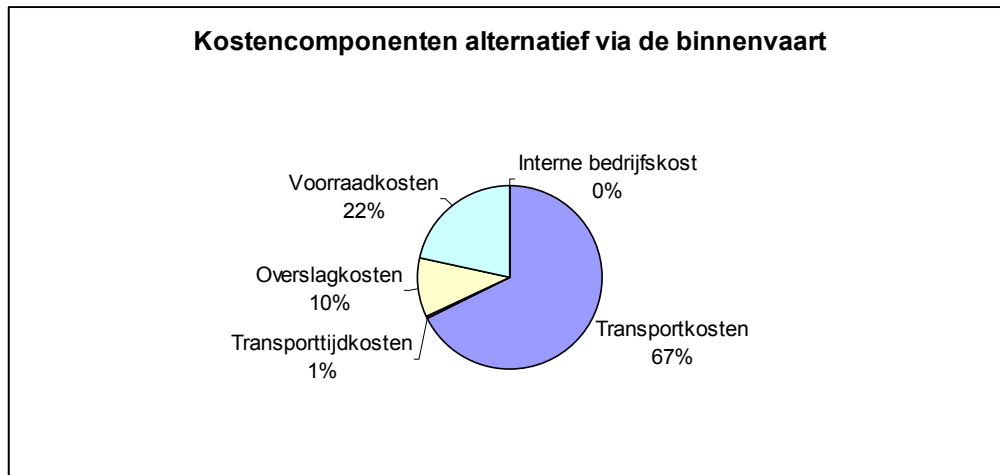
Om de resultaten van beide alternatieven beter te kunnen vergelijken, worden de uitkomsten hieronder nog even samengevat in een tabel.

Tabel 11: Vergelijking alternatieven

	<u>Wegvervoer</u>		<u>Binnenvaart met natransport</u>	
			<u>wegvervoer</u>	
Kostencomponent	Euro	%	Euro	%
Transportkost	544.000,00 EUR	74,28%	524.000,00 EUR	67,54%
Transporttijdkost	138,08 EUR	0,02%	3.890,85 EUR	0,50%
Overslagkost	20.320,00 EUR	2,77%	80.120,00 EUR	10,33%
Voorraadkost	167.868,49 EUR	22,92%	167.868,49 EUR	21,64%
Interne Bedrijfskost	Buiten beschouwing		Buiten beschouwing	
Totale logistieke kost	732.326,58 EUR	100%	775.879,34 EUR	100%



Figuur 10: Kostencomponenten alternatief via het wegvervoer



Figuur 11: Kostencomponenten alternatief binnenvaart

Tabel 12: Verschil tussen de alternatieven

Kostencomponent	Verschil multimodale alternatief t.o.v. unimodale alternatief
Transportkost	- 20.000 EUR
Transporttijdkost	+ 3.752,77 EUR
Overslagkost	+ 59.800 EUR
Voorraadkost	+ 0 EUR
Interne Bedrijfskost	Buiten beschouwing
Totale logistieke kost	43.552,77 EUR

Zoals uit bovenstaande tabellen blijkt, is de totale logistieke kost voor het multimodale transport 43.552,77 EUR hoger dan deze voor het unimodale alternatief. De transportkost voor het alternatief met de binnenvaart is weliswaar 20.000 EUR lager, maar dit wordt tenietgedaan door de stijging van de transporttijdskosten en overslagkosten. Zij bedragen respectievelijk 3752,77 EUR en 59.800 EUR meer voor het alternatief met de binnenvaart dan voor het unimodale wegvervoer. Hieronder zal beknopt aangegeven worden waardoor deze verschillen voornamelijk veroorzaakt worden of zouden kunnen worden. Verder zal ook aangegeven worden welke mogelijke manieren zijn om de balans van de totale logistieke kost te laten overhellen in de richting van het multimodale vervoersalternatief.

a) Transportkost

Voor het huidige unimodale alternatief bedraagt de transportkost per ton $\frac{544.000 \text{ EUR}}{40.000 \text{ ton}} = 13,6 \text{ EUR/ton}$. Bij het multimodale alternatief is dit gemiddeld 4,7 EUR/ton voor

het binnenvaartvervoer en gemiddeld¹⁴ 8,4 EUR/ton voor het natransport. Samen geeft dit en tarief van 13,1 EUR/ton. Zoals blijkt uit bovenstaande cijfers bestaat het grootste deel van de transportkost per ton bij het multimodale alternatief uit de kost voor het natransport.

De transporttarieven voor het wegtransport, die aangerekend worden door de transporteur, zien er als volgt uit (tarieven verkregen op 26/02/2007):

Tabel 13: Transporttarieven transporteur Menen

Zone in Noord-Frankrijk¹⁵	Vertrek vanuit Menen (gemiddeld 60 km)	Vertrek vanuit Lanklaar (gemiddeld 280 km)
Ia	140,00 EUR	285,80 EUR
Ib	170,00 EUR	320,81 EUR
II	210,00 EUR	344,40 EUR
III	250,00 EUR	380,63 EUR
IV	300,00 EUR	401,10 EUR

Ook uit deze tabel blijkt dat de kost voor het natransport veel hoger ligt per kilometer dan deze voor het wegtransport vanuit Lanklaar. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat de externe transporteur vreest om een deel van het transport dat hij nu doet vanuit Lanklaar te verliezen wanneer het alternatief met de binnenvaart goedkoper uitkomt. Hierdoor is het mogelijk dat hij een hogere prijs per kilometer vraagt voor het natransport vanuit Menen in de hoop dat de totale transportkost per kilometer dan hoger uitkomt voor het multimodale vervoer ten opzichte van het unimodale wegvervoer. De transporteur redeneert mogelijk dat, wanneer Vandersanden niet overschakelt op het alternatief met de binnenvaart, hij het wegtransport kan blijven doen vanuit Lanklaar. Vandaar dat hij er belang bij kan hebben dat het multimodale alternatief duurder uitkomt voor Vandersanden dan het unimodale traject.

Globaal gezien is de eenheidskost per ton wel nog lager voor het multimodale traject (13,1 EUR/ton) in vergelijking met het unimodale alternatief (13,6 EUR/ton), maar dit wordt echter tenietgedaan door de stijging in de andere kostencomponenten, zoals hieronder wordt aangegeven.

b) Transporttijdkost

Aangezien de goederen bij het multimodale alternatief aanzienlijk langer onderweg zijn (ongeveer 54u) dan in het unimodale alternatief (gemiddeld 5u) is het logisch dat de transporttijdskosten bij het multimodale goederenvervoer hoger zullen liggen dan bij het unimodale vervoer. Het is wel mogelijk dat de verhouding omgekeerd zou zijn, in het voordeel van het multimodale alternatief.

¹⁴ Dit tarief is het tarief voor het transport van Menen naar zone II in Noord-Frankrijk vermits het meeste transport van Vandersanden naar deze regio wordt gevoerd. Vandaar dat dit een goed gemiddelde vormt voor de prijs voor het natransport.

¹⁵ Voor een overzichtskaart van de zones zie paragraaf 8.4.1

Hiervoor zouden de percentages voor het risico op schade en verlies en het fysisch en economisch bederf aanzienlijk lager moeten liggen bij het multimodale alternatief ten opzichte van het unimodale alternatief. Dit is bij deze alternatieven duidelijk niet het geval. Aangezien voor beide alternatieven gerekend werd met een kapitaalkost van zes procent, kan ook hiermee geen beter resultaat bekomen worden voor het multimodale alternatief.

Wanneer we echter kijken naar de verhoudingen van de transporttijdkosten in de totale logistieke kost, zien we dat deze slechts 0,019% en 0,54% bedragen voor respectievelijk het unimodale vervoer en het multimodale vervoer. Vandaar dat dit verschil niet de belangrijkste oorzaak is van het verschil in de totale logistieke kost van beide alternatieven.

c) Overslagkost

Een belangrijk kenmerk van multimodaal vervoer is dat er overslag plaatsvindt tussen de verschillende modi. Dit komt ook naar voor bij het alternatief met de binnenvaart bij Vandersanden. De overslagkost bedraagt bij het multimodale alternatief 60.000 EUR meer dan bij het unimodale alternatief. Dit komt omdat in het depot van Menen overslagkosten worden aangerekend ten bedrage van 1,5 EUR/ton. Voor 40.000 ton komt dit neer op een bedrag van 60.000 EUR. Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat het tarief van 1,5 EUR/ton betrekking heeft op de volledige handling die in Menen plaatsheeft. Het gaat hier dus om de prijs van zowel overslag als voorraad. Aangezien het echter moeilijk is om te bepalen welk gedeelte van het tarief nu precies toe te schrijven is aan de overslag en welk gedeelte aan de voorraad, werd geopteerd om de kost van 60.000 EUR toe te rekenen aan de overslagkosten. Dit lijkt de meest logische oplossing aangezien het aannemelijk is dat de overslagkost in Menen belangrijker is dan de voorraadkost.

d) Voorraadkosten

De voorraadkosten zijn voor beide alternatieven gelijk. Nochtans zou men verwachten dat de voorraadkost hoger ligt bij het multimodale vervoer ten opzichte van het unimodale vervoer aangezien in het overslagdepot te Menen een voorraad aangelegd wordt. Bij het vorige gedeelte over de overslagkosten werd echter reeds aangegeven dat de bepaling van de voorraadkost in dit geval niet zo eenvoudig was doordat de externe dienstverlener één tarief aanrekent voor zowel overslag als opslag. Indien het aandeel van de voorraadkost in dit tarief gekend zou zijn, zou uiteraard de voorraadkost voor het multimodale alternatief nauwkeuriger berekend kunnen worden. Hierdoor zou een gedeelte dat hier toegerekend werd aan de overslagkosten overgeheveld worden naar de voorraadkosten. Daardoor zullen de voorraadkosten voor het alternatief met de binnenvaart hoger komen te liggen dan de kosten van het unimodale alternatief, wat uiteraard logischer is.

e) Totale logistieke kost

De bovenstaande verschillen leiden tot een verschil in de totale logistieke kost van 43.552,77 EUR, met het multimodale alternatief als het alternatief met de hoogste kost. De hogere kost wordt onder meer veroorzaakt door de hoge kost van het natransport. Indien deze gereduceerd kan worden, bijvoorbeeld door onderhandelingen met de externe transporteur, is het mogelijk dat het alternatief met de binnenvaart voordeliger uitkomt dan het unimodale wegvervoer. Om dit na te gaan worden in bijlage 14 enkele uitkomsten gegeven voor een aantal andere tarieven wat betreft het natransport.

8.4.4 Kwaliteitsattributen

Zoals reeds werd aangegeven in paragraaf 3.3 kunnen er naast kwantitatieve elementen ook kwalitatieve elementen in rekening gebracht worden bij de vergelijking van een aantal alternatieven. Dit werd ook gedaan voor de gevalstudie van Vandersanden. De scores die hiervoor gebruikt werden, werden bepaald in samenwerking met de heer W. Roos van Vandersanden. De resultaten van de vergelijking van de scores voor de alternatieven worden hieronder weergegeven.

Tabel 14: Overzicht Kwaliteitsattributen

Factor	Omschrijving	Gewicht (%)	Huidig proces	Binnenvaart (zonder ponton)
TLK	De totale logistieke kost exclusief de kost voor kwaliteitsattributen.	20%	8	7
Betrouwbaarheid	De mate waarin men kan verzekeren op vooropgestelde tijd ter bestemming te zijn.	5%	8	7
Frequentie	Regelmaat van de aangeboden dienstverlening	5%	9	9
Flexibiliteit	Het gemak om zich aan te passen aan de veranderende wensen van de klant of aan de veranderende omgevingsfactoren.	15%	9	7
Capaciteit	De (netwerk) capaciteit die nog voor handen is voor de beschouwde vervoermodus	2%	5	5
Netwerkdichtheid	De aanwezigheid van voldoende (alternatieve) links	2%	4	4
Veiligheid	Vermijden van schade, kwaliteitsvermindering van de vracht.	20%	4	7
Impact	De controle die men als verlader heeft op de vervoerstromen.	5%	4	4
Imago	Maatschappelijk bedrijfsimago op het vlak van onder andere milieu en veiligheid	5%	3	8
Tracking en tracing	Elektronische informatiestroom voor de opvolging van de verzending	1%	5	5
Regelgeving en wetgeving	Geheel van regels en verplichtingen voor de vervoermodus	0%		
Strategische elementen	Overwegingen van strategische aard	20%	2	8
		100%	5,58	7,08

Uit bovenstaande tabel blijkt dat op basis van deze gegevens het alternatief met de binnenvaart beter scoort dan het alternatief van het wegvervoer. Er moet echter wel opgemerkt worden dat de totaalscores van beide alternatieven gevoelig zijn voor kleine wijzigingen in de toegekende gewichten en scores van de verschillende attributen. Zoals reeds werd aangegeven in paragraaf 6.1.6 kan er voor gezorgd worden dat het gewenste resultaat ook in deze berekening tot uitdrukking komt, eenvoudigweg door het toekennen van (licht) gewijzigde scores en/of gewichten. Indien bijvoorbeeld de scores voor het alternatief van de binnenvaart respectievelijk 6, 6, 9, 6, 5, 4, 5, 4, 5, 5 en 5 worden (wat op zich niet zo een grote wijzigingen zijn), wordt de totaalscore voor dit alternatief 5,53 waardoor het lichtjes beter scoort dan het huidige proces.

Indien men toch gebruik wil maken van de uitkomst van deze berekening, dient er nagegaan te worden of de score in het voordeel voor het alternatief met de binnenvaart opweegt tegen de hogere totale logistieke kost. Aangezien het verschil in de totale logistieke kost in deze gevalstudie vrij groot is (ongeveer 5,5% van de totale logistieke kost), zal de betere score van het multimodaal vervoer met betrekking tot de kwaliteitsattributen hier waarschijnlijk niet tegen opwegen, waardoor de voorkeur blijft uitgaan naar het unimodale wegvervoer.

8.5 Evaluatie mogelijke uitbreiding beslissingsondersteunend model toegepast op Steenfabrieken Vandersanden

In deze paragraaf wordt de uitbreiding op het gebied van de voorraden, welke besproken werd in hoofdstuk 7, toegepast op de gegevens van Vandersanden. Zoals eerder in deze eindverhandeling reeds werd aangegeven, moet voor het toepassen van het beslissingsondersteunend model in verband met de voorraadmodellen, eerst bepaald worden welk model het meest aanleunt bij de huidige voorraadpolitiek. Dit wordt gedaan aan de hand van een vragenlijst. Deze werd ook ingevuld voor Vandersanden. De resultaten hiervan zijn terug te vinden in bijlage 20.

Na vergelijking van de antwoorden bleek echter dat er geen model was dat opmerkelijk beter aansloot bij de huidige voorraadpolitiek dan de andere modellen. Alle modellen vertoonden een aantal gelijkenissen en verschillen met de huidige voorraadpolitiek. Vandaar dat in deze eindverhandeling de resultaten berekend werden voor alle modellen in de mate dat de nodige gegevens beschikbaar waren. Hieronder zullen de resultaten voor het EOQ-model, het *deterministic periodic-review* model en het *stochastic continuous-review* model achtereenvolgens besproken worden. Daarna zal een algemene conclusie gegeven worden over de bruikbaarheid en de eventuele meerwaarde van deze uitbreiding voor het beslissingsondersteunend model van het VIL.

8.5.1 EOQ-model

Voor de berekening van de formules voor het EOQ-model zijn volgende gegevens nodig: (De cijfers die van toepassing zijn voor Vandersanden zijn tussen haakjes weergegeven achter de verschillende componenten.)

- ✓ K = opstartkost van een nieuwe batch (3.000 EUR)
- ✓ c = eenheidskosten voor het produceren of het aankopen van elke eenheid (0,1969 EUR/eenh)
- ✓ h = kosten om één eenheid in voorraad te houden gedurende één tijdsperiode (0,01 EUR/eenh)
- ✓ d = gekende constante vraag van d eenheden per tijdseenheid (19.500.000 eenh)
- ✓ Q = bestelhoeveelheid om de voorraad aan te vullen die arriveert in één keer, meer bepaald op het moment dat de aanwezige voorraad nul wordt (4.875.000 eenh per jaar)
- ✓ $Lead\ time$ = 8 weken = 0,154 jaar

Voor meer uitleg bij de bovenstaande gegevens en onderstaande formules wordt verwezen naar paragraaf 7.3.1.a. Met bovenstaande gegevens kunnen een aantal aspecten in verband met voorraden berekend worden. Ze zullen hieronder één voor één berekend worden.

- ✓ Productie- of bestelkost per cyclus = $K + cQ = 3.000\text{ EUR} + 0,1969\text{ EUR/eenh} \times 4.875.000\text{ eenh} = 962.887,5\text{ EUR/cyclus}$

- ✓ Gemiddelde voorraadniveau gedurende de cyclus = $\frac{Q}{2} =$

$$\frac{4.875.000\text{ eenh}}{2} = 2.437.500\text{ eenh}$$

- ✓ Voorraadkost per cyclus = $\frac{h \times Q}{2} =$

$$\frac{0,01\text{ EUR/eenh} \times 4.875.000\text{ eenh}}{2} = 24.375\text{ EUR}$$

- ✓ Cyclustijdsduur = $\frac{Q}{d} = \frac{4.875.000\text{ eenh}}{19.500.000\text{ eenh/jaar}} = 0,25\text{ jaar}$

- ✓ Voorraadkost gedurende een cyclus = $\frac{hQ^2}{2d} =$

$$\frac{0,01\text{ EUR/eenh} \times 4.875.000^2\text{ eenh}^2}{2 \times 19.500.000\text{ eenh}} = 6.093,75\text{ EUR/cyclus}$$

- ✓ **Totale kost per cyclus** = $K + cQ + \frac{hQ^2}{2d} =$

$$962.887,5\text{ EUR} + 6.093,75\text{ EUR} = \mathbf{968.981,25\text{ EUR/cyclus}}$$

- ✓ **Totale kost per tijdseenheid** = $\frac{dK}{Q} + dc + \frac{hQ}{2} =$

$$\frac{(19.500.000 \text{ eenh} \times 3.000 \text{ EUR})}{4.875.000 \text{ eenh}} + (19.500.000 \text{ eenh} \times 0,1969 \text{ EUR/eenh})$$

$$+ \frac{(0,01 \text{ EUR/eenh} \times 4.875.000 \text{ eenh})}{2} = \mathbf{3.875.925 \text{ EUR/jaar}}$$
- ✓ Bestelpunt = $d \times \text{lead time} = 19.500.000 \text{ eenh} \times 0,154 \text{ jaar} = 3.000.000 \text{ eenh}$
- ✓ Optimale hoeveelheid (Q^*) = $\sqrt{\frac{2dK}{h}} =$

$$\sqrt{\frac{2 \times 19.500.000 \text{ eenh} \times 3.000 \text{ EUR}}{0,01 \text{ EUR/eenh}}} = 3.420.527 \text{ eenh.}$$
- ✓ Optimale cyclustijd (t^*) = $\frac{Q^*}{d} = \sqrt{\frac{2K}{dh}} =$

$$\sqrt{\frac{2 \times 3.000 \text{ EUR}}{19.500.000 \text{ eenh} \times 0,01 \text{ EUR/eenh}}} = 0,1754 \text{ jaar} = 9,12 \text{ weken}$$
- ✓ Totale variabele kost (Q^*) = $Q^* \times h = 3.420.537 \text{ eenh} \times 0,01 \text{ EUR/eenh} = 34.205,26 \text{ EUR}$
- ✓ Aantal bestellingen per jaar (N^*) = $\frac{d}{Q^*} =$

$$\frac{19.500.000 \text{ eenh}}{3.420.537 \text{ eenh}} = 5,7 \text{ bestellingen} \approx 6 \text{ bestellingen}$$

De totale kost per tijdseenheid is in dit geval gelijk aan 3.875.925 EUR/jaar. Hier zit echter nog de productiekost in voor 19.500.000 eenheden. Deze kost kan uit de vergelijking van de resultaten weggelaten worden aangezien er met alle voorraadpolitieken 19.500.000 eenheden per jaar geproduceerd zullen worden. Deze kost verschilt dus niet naargelang de voorraadpolitiek die gekozen wordt. Bij de hierboven uitgewerkte vervoersalternatieven van Vandersanden werd deze kost ook niet in beschouwing genomen. Vandaar dat deze nog uit de totale kost per tijdseenheid afgezonderd moet worden. Dit levert een voorraadkost per tijdseenheid op van 3.875.925 EUR/jaar – (19.500.000 eenh/jaar x 0,1969 EUR/eenh) = 36.375 EUR.

Bij het bestuderen van deze resultaten valt meteen op dat de totale jaarlijkse voorraadkost aanzienlijk kleiner is dan in de twee alternatieven die eerder in dit hoofdstuk besproken werden. Zowel bij het unimodale wegvervoer als bij het multimodale vervoersalternatief bedroeg de voorraadkost 167.868,49 EUR. Bij het multimodale alternatief moet er wel rekening mee gehouden worden dat in het depot in Menen ook nog voorraad aangehouden wordt. De kost hiervoor is echter moeilijk te becijferen daar het tarief dat aangerekend wordt door de externe dienstverlener zowel

betrekking heeft op de overslag als op de voorraad.¹⁶ Maar zelfs indien de volledige kost die gemaakt wordt in Menen tot de voorraadkost gerekend zou worden, zou de totale voorraadkost met deze voorraadpolitiek $36.375 \text{ EUR} + 60.000 \text{ EUR} = 96.375 \text{ EUR}$ bedragen wat nog steeds minder is dan de huidige kost van 167.868,49 EUR.

Zoals bovenstaande berekeningen aangeven zou een aanpassing van het voorraadbeleid aan het EOQ-model kunnen leiden tot een besparing in de voorraadkosten voor elk van beide alternatieven. Wanneer de mogelijkheid van multimodaal vervoer in combinatie met een wijziging van de voorraadpolitiek volgens het bovenstaande model bekeken wordt, zien we dat de totale logistieke kost van het multimodaal traject 644.385,85 EUR wordt. Dit is 87.940,73 EUR minder dan de huidige totale logistieke kost van 732.326,58 EUR (alternatief wegvervoer zonder wijziging in de voorraadpolitiek).

Het verschil in voorraadkosten moet echter wel met de nodige voorzichtigheid worden beschouwd omwille van een aantal redenen die hier kort worden aangehaald. Eerst en vooral dient er op gewezen te worden dat het hierboven uitgewerkte EOQ-model het basismodel is. Het is met andere woorden het EOQ-model in zijn meest eenvoudige vorm en houdt bijvoorbeeld geen rekening met geplande tekorten of hoeveelheidskortingen. Verder is het ook vermeldenswaardig dat een aantal belangrijke voorwaarden voor het EOQ-model niet voldaan zijn bij Vandersanden. Zo is het bij Vandersanden niet altijd het geval dat een nieuwe lading afgewerkte producten pas afgewerkt is op het moment dat de voorraad uitgeput is. Het kan ook voorkomen dat de nieuwe lading reeds afgewerkt is vooraleer de voorraad volledig uitgeput is. Verder zijn bij Vandersanden geplande tekorten soms toegestaan. Vandaar dat het resultaat van het EOQ-model anders zou kunnen zijn wanneer gebruik gemaakt wordt van een EOQ-model met geplande tekorten. Dit model valt echter buiten het bestek van deze eindverhandeling, maar het kan wel interessant zijn om dit na te gaan in verder onderzoek. Daarnaast wijkt de situatie bij Vandersanden ook nog af van de voorwaarden van het EOQ-model wat betreft het feit dat de voorraad bij Vandersanden niet altijd met dezelfde hoeveelheid wordt aangevuld. Er is met andere woorden geen vaste bestelhoeveelheid Q .

Indien met de bovenstaande afwijkingen wel rekening gehouden wordt en als daardoor blijkt dat de voorraadkosten wel degelijk lager liggen dan deze in de berekeningen in paragrafen 8.4.1.a en 8.4.2.a kan het voor Vandersanden interessant zijn om de overschakeling op een andere voorraadpolitiek in beschouwing te nemen. Uiteraard moet wel eerst nagegaan worden of zulke overschakeling binnen de mogelijkheden van het bedrijf zelf ligt.

¹⁶ Meer uitleg hierover is terug te vinden in paragraaf 8.4.2.a.

8.5.2 Deterministic periodic-review model

Voor de berekening van de formules voor het *deterministic periodic-review* model zijn de volgende gegevens nodig: (De cijfers die van toepassing zijn voor Vandersanden zijn tussen haakjes weergegeven achter de verschillende componenten.)

- ✓ K = opstartkost voor het produceren of aankopen van producten om de voorraad aan te vullen aan het begin van de periode (3.000 EUR)
- ✓ c = eenheidskost voor het produceren of aankopen van een eenheid (0,1969 EUR/eenh)
- ✓ h = voorraadkost voor elke eenheid die aan het einde van de periode nog in voorraad is (0,01 EUR/eenh)
- ✓ r_i = vraag gedurende periode i met ($i = 1, \dots, n$) (r_1, r_2, r_3 en $r_4 = 4.875.000$ eenh)
- ✓ n = aantal periodes (4 periodes)

Voor meer uitleg bij bovenstaande gegevens en onderstaande formules wordt verwezen naar paragraaf 7.3.2. De formule waarvan gebruik gemaakt wordt voor de berekening van de totale voorraadkost ziet er als volgt uit:

$C_i = \min_{j=i, i+1, \dots, n} \{C_{j+1} + K + h[r_{i+1} + 2r_{i+2} + 3r_{i+3} + \dots + (j-i)r_j]\}$ met C_i = de totale variabele kost van een optimale politiek voor periodes $i, i+1, \dots, n$ wanneer periode i start zonder beginvoorraad, voor $i = 1, 2, \dots, n$.

Wanneer we dit toepassen op de gegevens van Vandersanden bekommen we het volgende resultaat:

- ✓ $C_4 = C_5 + 3.000 \text{ EUR} = 0 \text{ EUR} + 3.000 \text{ EUR} = 3.000 \text{ EUR}$
- ✓ $C_3 = ?$
 $C_3^{(3)} = C_4 + 3.000 \text{ EUR} = 3.000 \text{ EUR} + 3.000 \text{ EUR} = 6.000 \text{ EUR}$
 $C_3^{(4)} = C_5 + 3.000 \text{ EUR} + 0,01 \text{ EUR/eenh} \times (4.875.000 \text{ eenh}) = 0 \text{ EUR} + 3.000 \text{ EUR} + 48.750 \text{ EUR} = 51.750 \text{ EUR}$
 $C_3 = \min \{6.000 \text{ EUR} ; 51.750 \text{ EUR}\} = 6.000 \text{ EUR}$
- ✓ $C_2 = ?$
 $C_2^{(2)} = C_3 + 3.000 \text{ EUR} = 6.000 \text{ EUR} + 3.000 \text{ EUR} = 9.000 \text{ EUR}$
 $C_2^{(3)} = C_4 + 3.000 \text{ EUR} + 0,01 \text{ EUR/eenh} \times (4.875.000 \text{ eenh}) = 3.000 \text{ EUR} + 3.000 \text{ EUR} + 48.750 \text{ EUR} = 54.750 \text{ EUR}$
 $C_2^{(4)} = C_5 + 3.000 \text{ EUR} + 0,01 \text{ EUR/eenh} \times [4.875.000 \text{ eenh} + 2(4.875.000 \text{ eenh})] = 0 \text{ EUR} + 3.000 \text{ EUR} + 146.250 \text{ EUR} = 149.250 \text{ EUR}$
 $C_2 = \min \{9.000 \text{ EUR}, 54.750 \text{ EUR}, 149.250 \text{ EUR}\} = 9.000 \text{ EUR}$
- ✓ $C_1 = ?$
 $C_1^{(1)} = C_2 + 3.000 \text{ EUR} = 9.000 \text{ EUR} + 3.000 \text{ EUR} = 12.000 \text{ EUR}$
 $C_1^{(2)} = C_3 + 3.000 \text{ EUR} + 0,01 \text{ EUR/eenh} \times (4.875.000 \text{ eenh}) = 6.000 \text{ EUR} + 3.000 \text{ EUR} + 48.750 \text{ EUR} = 57.750 \text{ EUR}$

$$C_1^{(3)} = C_4 + 3.000 \text{ EUR} + 0,01 \text{ EUR/eenh} \times [4.875.000 \text{ eenh} + 2(4.875.000 \text{ eenh})] = 3.000 \text{ EUR} + 3.000 \text{ EUR} + 146.250 \text{ EUR} = 152.250 \text{ EUR}$$

$$C_1^{(4)} = C_5 + 3.000 \text{ EUR} + 0,01 \text{ EUR/eenh} [4.875.000 \text{ eenh} + 2(4.875.000 \text{ eenh}) + 3(4.875.000 \text{ eenh})] = 0 + 3.000 \text{ EUR} + 292.500 \text{ EUR} = 295.500 \text{ EUR}$$

$$C_1 = \min \{12.000 \text{ EUR}, 57.750 \text{ EUR}, 152.250 \text{ EUR}, 295.500 \text{ EUR}\} = \mathbf{12.000 \text{ EUR}}$$

Aan de hand van deze berekening blijkt dat de totale variabele kost met deze voorraadpolitiek 12.000 EUR bedraagt. Aangezien $C_1^{(1)}$ de minimale waarde oplevert, kan er best in periode 1 een voorraad aangelegd worden die de vraag gedurende één periode kan dekken. Om dan aan de vraag van de tweede periode te voldoen, zien we dat $C_2^{(2)}$ de laagste kost oplevert. Dit houdt in dat we in periode 2 enkel produceren wat er in periode 2 verkocht kan worden. Dezelfde redenering geldt voor periode 3 en 4. We kunnen dus besluiten dat op basis van deze voorraadpolitiek de beste keuze is om elke periode juist zoveel te produceren als men denkt te kunnen verkopen gedurende die periode.

Bij het bestuderen van deze resultaten valt het, net zoals bij het EOQ-model, meteen op dat de jaarlijkse voorraadkost aanzienlijk kleiner is dan in de twee alternatieven die eerder in dit hoofdstuk besproken werden. Zowel bij het unimodale wegvervoer als bij het multimodale vervoersalternatief bedroeg de voorraadkost 167.868,49 EUR. Bij het multimodale alternatief moet er wel rekening mee gehouden worden dat in het depot in Menen ook nog voorraad aangehouden wordt. De kost hiervoor is echter moeilijk te becijferen daar het tarief dat aangerekend wordt door de externe dienstverlener zowel betrekking heeft op de overslag als op de voorraad.¹⁷ Maar zelfs indien de volledige kost die gemaakt wordt in Menen tot de voorraadkost gerekend zou worden, zou de totale voorraadkost met deze voorraadpolitiek 12.000 EUR + 60.000 EUR = 72.000 EUR bedragen wat nog steeds minder is dan de huidige kost van 167.868,49 EUR.

Zoals bovenstaande berekeningen aangeven zou een aanpassing van het voorraadbeleid aan het *deterministic periodic-review* model kunnen leiden tot een besparing in de voorraadkosten voor elk van beide alternatieven. Wanneer de mogelijkheid van multimodaal vervoer in combinatie met een wijziging van de voorraadpolitiek volgens het bovenstaande model bekeken wordt, zien we dat de totale logistieke kost van het multimodaal traject 620.010,85 EUR wordt. Dit is 112.315,73 EUR minder dan de huidige totale logistieke kost van 732.326,58 EUR (alternatief wegvervoer zonder wijziging in de voorraadpolitiek).

De resultaten die hierboven bekomen werden, lijken op het eerste zicht veelbelovend. Maar ze moeten net zoals bij het EOQ-model met de nodige voorzichtigheid beoordeeld worden. Ook bij dit model zijn er een aantal afwijkingen van de voorwaarden. Zo is er bij Vandersanden wel een beginvoorraad, terwijl bij dit voorraadmodel ervan uit gegaan wordt dat deze er niet is. Verder is het ook noodzakelijk aan te geven dat het model veronderstelt dat de vraag verschilt van periode

¹⁷ Meer uitleg hierover is terug te vinden in paragraaf 8.4.2.a

tot periode. Uit de gesprekken die gevoerd werden om de gegevens voor deze gevalstudie te verzamelen, kwam naar voor dat dit ook bij Vandersanden het geval is. Zo kan de vraag lager zijn als gevolg van weersfactoren (bijv. winterperiodes met langdurig vriesweer) en als gevolg van verlofperiodes (Kerstmis en Nieuwjaar, bouwverlof juli-augustus). De vraag schommelt echter altijd rond de 4.875.000 eenheden. Dat is dan ook de reden waarom door Vandersanden voor de vier periodes dezelfde hoeveelheid werd opgegeven in de vragenlijst. Dit kan echter ook een invloed hebben op het resultaat van het model aangezien één van de voorwaarden is dat de vraag verschilt van periode tot periode.

8.5.3 Stochastic continuous-review model

Voor de berekening van de formules voor het *deterministic periodic-review* model zijn volgende gegevens nodig: (De cijfers die van toepassing zijn voor Vandersanden zijn tussen haakjes weergegeven achter de verschillende componenten.)

- ✓ Q = bestelhoeveelheid (4.875.000 eenh)
- ✓ K = vaste kost die wordt aangerekend elke keer een order geplaatst wordt (3.000 EUR)
- ✓ h = kost voor het aanhouden van de voorraad die wordt aangerekend voor elke eenheid in voorraad per tijdseenheid (0,01 EUR/eenh)
- ✓ d = gemiddelde vraag per tijdseenheid (19.500.000 eenh/jaar)
- ✓ p = kost die wordt aangerekend wanneer een voorraadbreuk zich voordoet, voor elke eenheid waarvan de levering moet uitgesteld worden tot de voorraad opnieuw is aangevuld (niet gekend bij Vandersanden)
- ✓ S = voorraadniveau juist nadat een batch van Q eenheden aan de voorraad toegevoegd werd (4.875.000 eenh)
- ✓ $Q - S$ = tekort in de voorraad juist voordat een batch van Q eenheden wordt aangevuld

Voor meer uitleg bij bovenstaande gegevens en onderstaande formules wordt verwezen naar paragraaf 7.3.3. Met bovenstaande gegevens kunnen een aantal aspecten in verband met voorraden berekend worden. Ze zullen hieronder één voor één berekend worden.

- ✓ Productie- of bestelkost per cyclus = $K + cQ = 3.000 \text{ EUR} + 0,1969 \text{ EUR/eenh} \times 4.875.000 \text{ eenh} = 962.887,5 \text{ EUR/cyclus}$
- ✓ Periode waarin voorraadniveau positief is = $\frac{S}{d} = \frac{4.875.000 \text{ eenh}}{19.500.000 \text{ eenh}} = 0,25 \text{ jaar}$
- ✓ Gemiddelde voorraadniveau = $\frac{S}{2} = \frac{4.875.000 \text{ eenh}}{2} = 2.437.500 \text{ eenh.}$

- ✓ Gemiddelde voorraadkost per cyclus = $\frac{h \times S}{2} =$
$$\frac{0,01 \text{ EUR} / \text{eenh} \times 4.875.000 \text{ eenh}}{2} = 24.375 \text{ EUR}$$
- ✓ Voorraadkosten per cyclus = $\frac{hS}{2} \times \frac{S}{d} = \frac{hS^2}{2d} =$
$$\frac{0,01 \text{ €} / \text{eenh} \times 4.875.000^2 \text{ eenh}^2}{2 \times 19.500.000 \text{ eenh}} = 6093,75 \text{ EUR}$$
- ✓ Periode met tekorten = $\frac{Q - S}{d} = \frac{4.875.000 \text{ eenh} - 4.875.000 \text{ eenh}}{19.500.000 \text{ eenh}} = 0 \text{ jaar}$
- ✓ Gemiddeld aantal tekorten gedurende deze periode = $\frac{Q - S}{2} =$
$$\frac{4.875.000 \text{ eenh} - 4.875.000 \text{ eenh}}{2} = 0 \text{ eenh}$$

De andere formules kunnen niet worden toegepast op de gevalstudie van Vandersanden daar in deze formules telkens de tekortkost p voorkomt. Deze kost is bij Vandersanden niet bekend en een schatting ervan maken bleek zeer moeilijk. Aangezien deze berekeningen niet gemaakt kunnen worden, kan de totale voorraadkost van deze voorraadpolitiek ook niet vergeleken worden met de huidige politiek bij Vandersanden. Het zou wel interessant kunnen zijn om in de toekomst dit model toe te passen op een onderneming die wel een idee heeft van de tekortkost. De tekortkost berekenen, ligt echter niet voor de hand vermits het eerder gaat om een opportuiniteitskost en niet zo zeer om een 'echte' kost. Het is immers de kost die ontstaat doordat overgegaan moet worden op een spoedprocedure om aan de vraag van de klant te kunnen voldoen. Deze kost is echter moeilijk in te schatten. Vandaar dat de kans groot is dat deze kost in veel bedrijven niet gekend zal zijn en daardoor moeilijk te verkrijgen zal zijn.

8.6 Conclusie gevalstudie

8.6.1 Uitgewerkte alternatieven

De snelheid van laden en lossen bij de proefvaart van Vandersanden Lanklaar tot Menen stond nog niet op punt. Daarom is het de bedoeling dat dit in de toekomst sneller kan verlopen, onder meer als gevolg van de opgedane ervaring met laden en lossen van schepen. Dat is dan ook de reden waarom in de uitwerking van de gevalstudie gewerkt werd met een snelheid voor laden en lossen van 100 ton per uur. Dit ligt hoger dan de laad- en lossnelheid van het proefproject. Aangezien voor het laden van 1100 ton stenen 13,5 uur nodig was, lag de laadsnelheid op ongeveer 81,5 ton per uur. Voor het lossen gedurende 16,5 uur bedroeg deze 66,67 ton per uur. Indien alles op punt staat, wil Vandersanden zelfs een snelheid voor laden en lossen bereiken van 150 ton per uur. De

resultaten van al deze mogelijkheden zijn opgenomen in bijlage 13. Daarin worden de resultaten overzichtelijk weergegeven voor de volgende alternatieven:

1. Unimodaal wegvervoer (huidige situatie)
2. Multimodaal vervoer met binnenvaart (proefvaart)
3. Multimodaal vervoer met binnenvaart (laden en lossen 100 ton per uur)
4. Multimodaal vervoer met binnenvaart (laden en lossen 150 ton per uur)
5. Multimodaal vervoer met ponton (laden en lossen 150 ton per uur)

In tabel 15 zijn de einduitkomsten voor de totale logistieke kost van de vijf alternatieven bij een kapitaalkost van 6% weergegeven.

Tabel 15: Totale logistieke kosten bij kapitaalkost van 6%

Alternatief	Totale logistieke kost (EUR)
1. Unimodaal wegvervoer	732.326,58 EUR
2. Multimodaal vervoer met Binnenvaart (Proefvaart)	780.680,27 EUR
3. Multimodaal vervoer met Binnenvaart (laden en lossen 100 ton per uur)	775.879,34 EUR
4. Multimodaal vervoer met Binnenvaart (laden en lossen 150 ton per uur)	768.996,82 EUR
5. Multimodaal vervoer met ponton (laden en lossen 150 ton per uur)	728.585,72 EUR

Bij vergelijking van de resultaten wat betreft de totale logistieke kost valt het op dat alternatieven 2, 3 en 4 steeds een hogere totale kost opleveren dan de huidige situatie 1. Mogelijke verklaringen hiervoor werden reeds aangehaald in paragraaf 8.4.3.a. Het alternatief met het ponton, levert echter wel een kostenbesparing op ten opzichte van het huidige alternatief. Het verschil in de totale logistieke kost is meestal echter niet groot, waardoor Vandersanden er goed aan kan doen de kosten zo exact mogelijk te berekenen. Op het moment dat de berekeningen voor het ponton gemaakt werden, was echter nog niet met zekerheid bekend hoe lang dit over het traject zou doen. Vandaar dat er van uit gegaan werd dat dit even lang zou duren als met een gewoon binnenvaartschip. Indien echter blijkt dat de vaartijd van het ponton in de realiteit afwijkt van deze van een binnenvaartschip, is het interessant om de totale logistieke kost te berekenen met de exacte vaartijd. Het kan immers zijn dat hierdoor de totale logistieke kost wijzigt in het nadeel van het ponton of juist omgekeerd. Bovendien zijn de berekeningen in deze eindverhandeling gebaseerd op het beslissingsondersteunend model van het VIL, waarbij het niet de bedoeling is om de kosten exact juist te berekenen, maar eerder een indicatie te geven van de totale logistieke kosten van verschillende alternatieven. Uit het bovenstaande blijkt dus dat het multimodaal transport met een ponton, op basis van de in deze eindverhandeling gebruikte gegevens, een alternatief kan vormen voor het huidige wegtransport.

Volgens Het Belang van Limburg (2007a) gaat Eric Portugaels van De Scheepvaart, de Vlaamse waterwegenbeheerder, er mee akkoord dat de binnenscheepvaart alle troeven voor de toekomst in handen lijkt te hebben. Hij geeft hierbij echter wel de opmerking dat er nog werk aan de winkel is.

Er moeten volgens hem nog meer terminals langs de waterwegen uitgerust moeten worden om de goederen van de waterwegen naar hun eindbestemming te brengen.

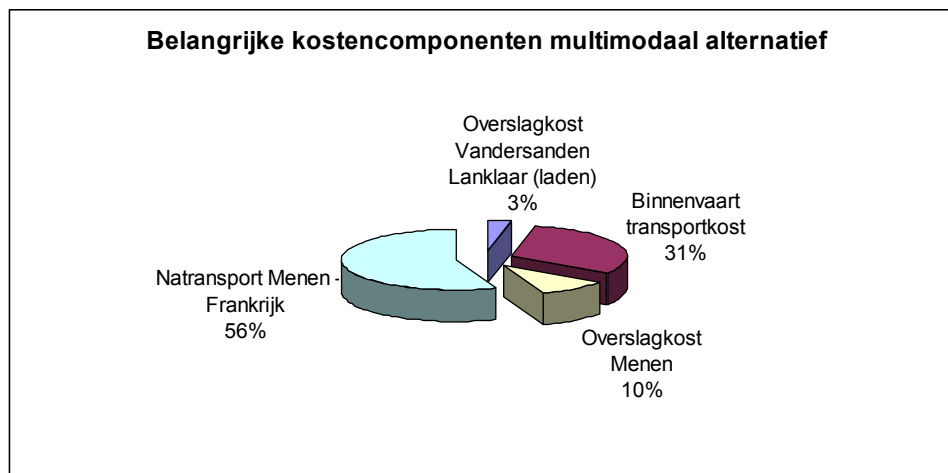
8.6.2 Traject en kostencomponenten

Het multimodale traject dat door Vandersanden gevolgd wordt ziet er als volgt uit:



Figuur 12: Multimodale traject Vandersanden Lanklaar - Menen

Hierbij zijn vier aspecten voor Vandersanden belangrijk omdat ze een invloed hebben op de totale logistieke kost. Het gaat hier meer bepaald om de overslag oftewel het laden bij Vandersanden te Lanklaar, het traject via de binnenvaart, de overslag in het depot te Menen en het wegvervoer vanuit Menen naar de klanten in Frankrijk. Om een beeld te schetsen van de verhouding van deze vier kostencomponenten, wordt hieronder een diagram weergegeven waarin hun aandeel duidelijk is afgebeeld.



Figuur 13: Belangrijke kostencomponenten multimodaal alternatief

Hieruit blijkt duidelijk dat de grootste kost veroorzaakt wordt door het natransport vanuit Menen naar Frankrijk, gevolgd door de transportkosten voor het binnenvaartraject. De overslagkosten in Menen en bij Vandersanden in Lanklaar vormen samen 13 procent van de vier componenten. Aangezien duidelijk is dat het natransport zeer duur is, werd in bijlage 14 nagegaan wat de invloed was van het transporttarief voor het natransport over de weg op de totale logistieke kost. Uit die berekeningen blijkt dat het breakeven transporttarief voor het natransport over de weg 3,05 EUR/km bedraagt. Indien Vandersanden er dus in slaagt om met de transporteur een tarief te negotiëren van 3,05 EUR/km of minder, zal het multimodale alternatief met de in deze gevalstudie gebruikte gegevens voordeliger uitkomen wat betreft de totale logistieke kost.

8.6.3 Conclusie uitbreiding voorraadmodellen

Bij het verzamelen van de gegevens voor de bovenstaande berekeningen en de uitwerking ervan, bleek dat het niet altijd zo eenvoudig is om alle informatie te verzamelen. Soms moesten er schattingen gemaakt worden van bepaalde cijfers of waren deze totaal onbekend. Dit leidde er toe dat sommige modellen niet toepasbaar waren op Vandersanden. Het is echter moeilijk om op basis van één praktijksituatie te beoordelen of de uitbreiding van de voorraadmodellen al dan niet bruikbaar zou zijn. Het kan namelijk zijn dat in andere bedrijven de benodigde gegevens makkelijker of juist moeilijker verzameld kunnen worden. Het is natuurlijk wel logisch dat niet alle gegevens even vlot beschikbaar zullen zijn in alle ondernemingen, maar de bruikbaarheid van de uitbreiding met betrekking tot de voorraden is sterk afhankelijk van de moeilijkheid om alle gegevens te bekomen.

Er kunnen ook nog andere problemen opduiken bij het uitwerken van de voorraadmodellen. Bij het EOQ-model zal er bijvoorbeeld een probleem zijn wanneer men geen kosten aanrekent voor het opstarten van een nieuw order. De optimale hoeveelheid, de optimale cyclustijd en de totale variabele kost zouden in dat geval immers gelijk zijn aan nul, wat in de praktijk onrealistisch is. Wat het *stochastic continuous-review* model betreft, is uit bovenstaande berekeningen gebleken dat het model niet toepasbaar is wanneer de tekortkost niet gekend is.

Ondanks de bovenvermelde moeilijkheden, zijn we er van overtuigd dat de uitbreiding van het beslissingsondersteunend model van het VIL met een module voor voorraadoptimalisatie een meerwaarde zou kunnen bieden. Immers, zoals in deze eindverhandeling is gebleken, maken voorraadkosten een groot deel uit van de totale logistieke kost. Wanneer bedrijven de mogelijkheid hebben om de invloed van een bepaald voorraadbeleid op hun totale logistieke kost te bestuderen, kan dit leiden tot nieuwe inzichten. Hierdoor wordt de aandacht meer gevestigd op de voorraadkosten, wat een verandering in de voorraadpolitiek tot gevolg kan hebben met de daaruit voortvloeiende lagere voorraadkosten. Wel moet er steeds gekeken worden naar de wijzigingen in de totale logistieke kost en niet enkel naar de verandering in de voorraadkosten. Het kan immers zijn dat een daling in de voorraadkosten een stijging van een andere kostencomponent tot gevolg heeft, waardoor de totale logistieke kost niet wijzigt of zelfs stijgt.

Uit het voorgaande blijkt dat een uitbreiding van het beslissingsondersteunend model van het VIL met een voorraadmodule meerwaarde kan bieden aan bedrijven die op basis hiervan hun vervoerswijzekeuze maken. In deze gevalstudie werd reeds een aanzet gegeven naar deze uitbreiding. Deze is echter nogal theoretisch opgevat. Naar de toekomst toe zou het interessant zijn om het model verder te verfijnen met meer aandacht voor de toepassing in de praktijk zodat deze toepassing vlotter kan verlopen. Hiervoor zijn echter meerdere praktijkstudies bij bedrijven nodig, wat voor deze eindverhandeling gezien de beperkte tijdsperiode te omvangrijk zou worden.

Conclusie

Na een korte inleiding in hoofdstuk 1 werd in hoofdstuk 2 de probleemstelling weergegeven evenals de centrale onderzoeksvraag en enkele deelvragen. In de volgende hoofdstukken werd op zoek gegaan naar antwoorden op deze vragen.

Kostencomponenten totale logistieke kost

Na een grondige literatuurstudie bleek dat de belangrijkste componenten van de totale logistieke kost de transportkosten, transporttijdkosten, voorraadkosten, overslagkosten en interne bedrijfskosten zijn. Elk van deze kostensoorten heeft een aandeel in de totale logistieke kost, zij het dan dat sommige belangrijker zijn dan de anderen. Indien gekeken wordt naar de wereldwijde logistieke kosten blijkt dat transport- en overslagkosten het grootste gedeelte voor hun rekening nemen. Op de tweede plaats komen de voorraadkosten, maar deze worden op de voet gevolgd door de transporttijdkosten. Vervolgens zijn er dan ook nog de interne bedrijfskosten. Deze hebben echter het kleinste aandeel in de wereldwijde totale logistieke kost.

Het is uiteraard mogelijk dat de grootteorde en de verhoudingen van de kostencomponenten in de totale logistieke kost verschillen van bedrijf tot bedrijf en van sector tot sector. Dit kwam ook tot uiting in de gevalstudie die in hoofdstuk 8 werd uitgewerkt. Daarin werd de grootste kostencomponent gevormd door de transportkosten, gevolgd door de voorraadkosten. De overslagkosten, transporttijdkosten en interne bedrijfskosten hadden duidelijk een kleiner aandeel in de totale logistieke kost.

De componenten die hierboven aangehaald werden, zijn deze die door het VIL zijn opgenomen in het beslissingsondersteunend model voor de bepaling van de totale logistieke kost. Om dit model verder te valideren en uit te werken, werd een studie gedaan van relevante literatuur. Hierdoor kwamen een aantal overeenkomsten en verschillen naar voor tussen het bestaande model van het VIL en de literatuur. Op basis hiervan werd nagegaan in welke mate het interessant zou zijn om bepaalde componenten nog verder uit te werken of bij op te nemen als aanvulling of verbetering van het beslissingsondersteunend model van het VIL. Waar mogelijk werd ook nagegaan welke mogelijkheden er waren om dit te doen.

Op basis van de werkwijze die in de vorige alinea werd aangehaald, kwamen een aantal componenten naar voor die voor verdere uitwerking in aanmerking komen. Voor andere componenten bleek dan weer dat ze reeds voldoende gedetailleerd waren en dus geen verdere uitwerking nodig hadden. Wat betreft de in het model van het VIL opgenomen componenten kan vermeld worden dat in de literatuur geen andere belangrijke componenten aangehaald worden, waardoor het ook niet noodzakelijk is dat in het beslissingsondersteunend model nog extra componenten opgenomen worden.

Transportkosten

Wat de transportkosten betreft, werd al snel duidelijk dat de manier waarop ze werden opgenomen in het model van het VIL in grote mate overeenkomt met de werkwijze die in de logistieke literatuur¹⁸ het meeste voorkomt. Het enige verschil is dat het VIL nog een uitsplitsing maakt in kosten die betaald moeten worden aan externe dienstverleners en kosten van de eigen onderneming. De opsplitsing naar personeelsuren en voertuiguren, die in paragraaf 6.1.1 aangehaald werd, levert enkel een meerwaarde op indien de extra nauwkeurigheid die hierdoor verkregen wordt, de kost voor het verzamelen van de gegevens en het maken van nauwkeurigere berekeningen compenseert.

Voor het geval er bedrijven zouden zijn die een meerwaarde kunnen realiseren met deze nauwkeurigere berekening, kan het voor het beslissingsondersteunend model van het VIL interessant zijn om een module in te bouwen zodat de gebruiker kan kiezen tot welk niveau van nauwkeurigheid hij wil gaan. Deze uitbreiding is echter niet noodzakelijk daar de hoofddoelstelling van het beslissingsondersteunend model van het VIL is om een algemeen beeld te scheppen van de componenten van de totale logistieke kost, dat als hulpmiddel kan dienen bij de vervoerswijzekeuze. Het VIL wil met het model in de eerste plaats dan ook zorgen voor een pragmatische aanpak van het probleem van de vervoerswijzekeuze.

Transporttijdskosten

De transporttijdskosten worden niet overal in de literatuur¹⁹ die in hoofdstuk 5 ter sprake kwam, even gedetailleerd uitgerekend. Zoals uit deze eindverhandeling bleek, rest vooral de vraag of voor het maken van een vervoerswijzekeuze dergelijke nauwkeurigheid vereist is. Bij het uitvoeren van de gevalstudie in hoofdstuk 8 kwam naar voor dat het voor een bedrijf niet altijd eenvoudig is om alle benodigde gegevens te verzamelen. Daarom behoeft het beslissingsondersteunend model van het VIL geen verdere aanpassing van de transporttijdkost, vermits het voldoende rekening houdt met de verschillende aspecten zonder hierin echter te ver of te gedetailleerd te gaan. Het doel van het model van het VIL is immers niet om de exacte totale logistieke kost van een bepaald alternatief te bepalen. Wat het VIL wil bereiken met dit model is het aanreiken van een hulpmiddel bij de vervoerswijzekeuze, waarbij een meer pragmatische schatting van de totale logistieke kosten kan volstaan. Indien een bedrijf echter de exacte kosten wil kennen van verschillende alternatieven, is het beter om gebruik te maken van meer gedetailleerde formules.

¹⁸ Zoals Baumol en Vinod (1970), Langley (1980), Vannieuwenhuyse (2002) en Vernimmen en Witlox (2003).

¹⁹ Zoals Baumol en Vinod (1970), Vannieuwenhuyse (2002) en Vernimmen en Witlox (2003) en Vernimmen (2004).

Overslagkosten

Na de studie van verschillende berekeningswijzen van de overslagkosten bleek dat het model van het VIL reeds verder gedetailleerd is wat betreft de uitwerking van deze kosten en de componenten ervan dan de meeste andere modellen die in de voor deze eindverhandeling bestudeerde literatuur²⁰ aan bod kwamen. Vandaar dat het niet noodzakelijk is om deze component nog verder uit te werken.

Voorraadkosten

Met betrekking tot de voorraadkosten kan een uitsplitsing gemaakt worden in cyclische voorraadkosten en kosten voor de veiligheidsvoorraad. Aangezien de berekeningswijze voor de cyclische voorraadkost in het model van het VIL reeds goed overeenkomt met wat andere auteurs²¹ hierover geschreven hebben, zoals in hoofdstuk 5 werd aangegeven, hoeft het model van het VIL geen aanpassingen voor de cyclische voorraadkosten. Wat de veiligheidsvoorraad betreft kan wel opgemerkt worden dat deze nergens rechtstreeks terug te vinden is in het model van het VIL. In dat model wordt enkel rekening gehouden met de reële voorraad. Het anticiperen op tekorten door middel van een veiligheidsvoorraad is dus niet opgenomen in het beslissingsondersteunend model. Het is echter zeer goed mogelijk dat een bedrijf een veiligheidsvoorraad aanlegt om zich in te dekken tegen mogelijke risico's die zich zouden kunnen voordoen of om zich in te dekken tegen nieuwe en daardoor minder betrouwbare processen. De link tussen de betrouwbaarheid van een proces en het niveau van de voorraad is echter tot nu toe niet geïncorporeerd in het model van het VIL. Deze link werd, in de mate van het mogelijke, besproken in deze eindverhandeling door verder in te gaan op een model dat rekening houdt met een veiligheidsvoorraad en een gewenst serviceniveau.

Interne bedrijfskosten

Reeds heel wat kosten die tot deze categorie behoren, werden door het VIL opgenomen in de totale logistieke kosten. Het model biedt de gebruikers ook de mogelijkheid om deze reeks kosten nog aan te vullen met kosten die zij zelf belangrijk achten om op te nemen in deze berekening. Bedrijven kunnen dus zelf bepalen welke kosten ze nog opnemen in de berekening van de totale logistieke kost en welke niet. Vandaar dat er op gebied van de interne bedrijfskosten in deze eindverhandeling geen aanbevelingen gedaan worden om het model van het VIL aan te passen of te vervolledigen.

²⁰ Zoals Baumol en Vinod (1970), Vannieuwenhuyse (2002) en Vernimmen en Witlox (2003).

²¹ Zoals Baumol en Vinod (1970), Langley (1980), Vannieuwenhuyse (2002) en Vernimmen en Witlox (2003) en Vernimmen (2004).

Kwaliteitsattributen

Naast de kwantitatieve factoren die hierboven aan bod kwamen, zijn er ook nog een deel kwalitatieve factoren die een invloed kunnen hebben op de vervoerswijzekeuze. Wanneer het de bedoeling van het model van het VIL zou zijn om de totale logistieke kost zo exact mogelijk weer te geven, zou het beter zijn om de voornaamste of meest gebruikte kwalitatieve factoren zo goed mogelijk om te zetten naar kwantitatieve factoren en deze te incorporeren in de totale logistieke kost. Zo wordt hiermee reeds onmiddellijk rekening gehouden en moeten ze niet afzonderlijk beschouwd worden in een MCDM-analyse.

Echter het incorporeren van deze factoren in de totale logistieke kost kan ertoe leiden dat het verzamelen van de gegevens moeilijker wordt, waardoor de aantrekkelijkheid van het model naar de bedrijven toe vermindert. Aangezien het VIL multimodaal vervoer wil aanmoedigen, is het beter om niet zo gedetailleerd te gaan in de totale logistieke kost zelf en de beslissingnemer zelf te laten bepalen of hij deze factoren meeneemt in de MCDM-analyse.

Bij de MCDM-analyse voor de kwalitatieve factoren kan echter de opmerking gemaakt worden dat het toekennen van percentages aan de verschillende factoren kan leiden tot arbitraire wegingen. In principe kan ervoor gezorgd worden dat de gewenste uitkomst wordt bekomen enkel en alleen door de wegingen naar eigen goeddunken aan te passen. Het toekennen van wegingen aan een aantal factoren is echter eigen aan een MCDM-analyse, waardoor het moeilijk is om dit probleem te omzeilen. Een mogelijkheid hiertoe is om meerdere kwalitatieve componenten proberen om te vormen tot kwantitatieve componenten en deze rechtstreeks op te nemen in de totale logistieke kost. Echter voor sommige componenten zoals flexibiliteit, capaciteit en imago is dit onmogelijk, zo niet in elk geval zeer moeilijk. Uit het bovenstaande mag zeker niet afgeleid worden dat een MCDM-analyse minder interessante techniek is. Dit soort analyse helpt immers om het beslissingsproces in een onderneming te ondersteunen. Doordat verschillende personen betrokken zijn bij het toekennen van de wegingen aan de verschillende factoren, wordt iedereen aangezet om na te denken over de verschillende factoren en de kenmerken van de verschillende modi. Dit leidt tot een beter inzicht in de sterke en zwakke punten van de verschillende modi en dus ook tot een meer gefundeerde beslissing.

Uitbreiding voorraadmodellen

Aangezien het voor de meeste producten niet haalbaar is om een goed serviceniveau aan de klanten aan te bieden zonder voorraden aan te leggen, bestaan voor de meeste bedrijven de totale logistieke kosten voor een groot deel uit voorraadkosten. Vandaar dat in deze eindverhandeling werd ingegaan op de kosten die verbonden zijn aan het aanhouden van voorraden. Er werd ook nagegaan in welke mate een uitbreiding van het beslissingsondersteunend model van het VIL op het gebied van voorraadmodellen een verbetering zou betekenen bij de bepaling van de optimale

vervoerswijze. Deze uitbreiding werd besproken in hoofdstuk 7. Om na te gaan in hoeverre deze uitbreiding interessant was om op te nemen in het beslissingsondersteunend model van het VIL, werd deze toegepast op de gevalstudie in hoofdstuk 8.

Bij het verzamelen van de gegevens en het uitwerken van de voorraadmodellen kwam naar voor dat de modellen die in de literatuur²² beschreven worden zeer theoretisch zijn opgevat. Vandaar is het moeilijk om een model te vinden waarvoor alle nodige gegevens beschikbaar zijn en dat dan ook nog eens goed aansluit bij de huidige voorraadpolitiek van het bedrijf in kwestie. Ook viel het op dat de voorraadmodellen uit de literatuur vaak nogal simplistisch opgevat zijn. Dit zal wel goed zijn voor educatieve doeleinden, maar voor de effectieve toepassing in de praktijk bleken ze niet altijd even handig in gebruik. Vandaar dat het deel over de voorraadmodellen, dat in deze thesis uitgewerkt werd, misschien nog verder aangepast kan worden in later onderzoek zodat het beter toepasbaar is in de praktijk. Het kan immers voor een bedrijf interessant zijn om te kijken welk effect een reductie van de voorraadkosten heeft op de totale logistieke kosten.

Het is echter zo dat bedrijven meestal reeds een eigen voorraadpolitiek uitgewerkt hebben die reeds 'diep geworteld' zit in het bedrijf, waardoor het eerder weigerachtig zal staan tegenover een al dan niet drastische wijziging van de voorraadpolitiek.

Algemene aanbevelingen of opmerkingen

Naast de aanbevelingen die hierboven reeds werden aangegeven met betrekking tot het beslissingsondersteunend model van het VIL, kunnen nog een aantal opmerkingen en/of aanbevelingen geformuleerd worden. Deze kwamen vooral tot uiting bij het uitwerken van de gevalstudie bij Steenfabrieken Vandersanden.

Vooreerst kan gesteld worden dat het bestaande beslissingsondersteunende model alsook de aanvulling die er in deze eindverhandeling op werd gemaakt zeer theoretisch zijn opgevat. Bij de toepassing van het model bij Vandersanden bleek dat de nodige gegevens in de praktijk niet altijd eenvoudig voorhanden zijn. Bij Vandersanden (en vermoedelijk ook bij heel wat andere bedrijven) werden de gegevens die nodig zijn voor het model van deze eindverhandeling nooit zo gedetailleerd bijgehouden. Vaak moest er een schatting gemaakt worden van de kostencomponenten. Verder is het ook vermeldenswaardig dat de kostencomponenten in het beginstadium van een proefproject (zoals bij Vandersanden het geval was) regelmatig wijzigingen ondergaan wanneer meer informatie verzameld is of ervaring is opgedaan. Dit alles zou er toe kunnen leiden dat de totale logistieke kost die men bekomt niet helemaal correct is. Het is niet de bedoeling van het beslissingsondersteunend model om de exact juiste totale logistieke kost te berekenen, maar enkel om de uitkomsten van verschillende alternatieven te kunnen vergelijken wat betreft de grootteorde van de totale logistieke kost.

²² Zoals Lambrecht (1994), Tersine (1994), Hillier en Lieberman (2005) en Chase et al. (2006).

- ✓ Het VIL is er zich echter van bewust dat het invullen van de vragenlijst om de gegevens te verzamelen geen sinecure is. Het vergt soms de nodige 'creatieve' inspanning. Dit kwam ook naar voor tijdens het verzamelen van de gegevens voor de gevalstudie bij Vandersanden. Vandaar dat het aan te raden is dat het VIL in de toekomst voldoende ondersteuning biedt aan de bedrijven die bereid zijn om het model toe te passen. Anders zullen velen van hen het model eerder als een last beschouwen dan als een hulpmiddel, wat jammer zou zijn vermits het model de wegen kan openen naar andere vervoersalternatieven die tot op heden buiten beschouwing bleven. Zeker in het licht van de toenemende aandacht voor de milieuproblematiek is het interessant voor bedrijven om ook de kosten te kennen voor andere vervoerswijzen dan het wegvervoer. Verder is het interessant om na te gaan hoe het gesteld is met de emissies van de verschillende modi. Dit werd onderzocht door Cuypers (2007) in een ecologische en energetische analyse van het unimodale traject en de proefvaart bij Vandersanden, waarvan in deze eindverhandeling de totale logistieke kosten werden berekend. Uit haar berekeningen blijkt dat multimodaal vervoer ecologisch en energetisch gezien minder goed scoort dan het unimodale wegvervoer. De grootste factor met een negatieve invloed op het resultaat voor het multimodaal vervoer zijn de kranen die gebruikt worden bij de overslag van de goederen in Menen. Voor een gedetailleerde uitwerking wordt de lezer doorverwezen naar Cuypers, E. (2007) *Multimodaal vrachtvervoer: economische en ecologische analyse*, Diepenbeek, Universiteit Hasselt

Een vraag die gesteld kan worden, is of het model wel zal leiden tot de juiste beslissing vermits het slechts gaat om een indicatie van de totale logistieke kost, die de parameter bij uitstek is om de verschillende modi te evalueren. Echter wanneer men aan de bedrijven die gebruik maken van dit model duidelijk maakt dat het slechts gaat om een indicatie die kan dienen als hulpmiddel voor het maken van een gefundeerde vervoerswijzekeuze, zou dit geen onoverkomelijk probleem mogen zijn. Wanneer het verschil in de totale logistieke kost tussen de verschillende alternatieven voldoende groot is, zal duidelijk zijn welke optie het best gekozen wordt vanuit het oogpunt van de totale logistieke kost. Het verschil kan echter ook klein zijn. In dat geval moet het bedrijf er zeker rekening mee houden dat het hier slechts gaat om een benadering en dat in werkelijkheid de kosten kunnen verschillen. Vandaar dat men een afweging moet maken tussen een lagere geschatte kost en het risico dat deze geschatte kost in werkelijkheid hoger komt te liggen dan deze van het huidige of een ander alternatief.

Lijst van de geraadpleegde werken

Boeken

- ✓ Ballou, R.H. (1999) *Business logistics management: planning, organizing, and controlling the supply chain*, New Jersey, Upper Saddle River
- ✓ Blauwens, G. en Witlox, F. (2002) *Multimodaal vervoer: zoektocht naar synergie tussen de modi*, Antwerpen – Apeldoorn, Garant
- ✓ Blauwens, G., d’Haens, P. en Van Breedam, A. (2004) *26^e Vlaams Wetenschappelijk Economisch Congres*, Antwerpen-Apeldoorn, Garant
- ✓ Blauwens, G., De Baere, P. en Van de Voorde, E. (1996) *Vervoerseconomie*, Antwerpen, MIM
- ✓ Chase, R.B., Jacobs, F.R. en Aquilano, N.J. (2006) *Operations Management for Competitive Advantage with Global Cases*, 11e ed., New York, McGraw-Hill Irwin
- ✓ Cuypers, E. (2007) *Multimodaal vrachtvervoer: economische en ecologische analyse*, Diepenbeek, Universiteit Hasselt
- ✓ Hillier, F.S. en Lieberman, G.J. (2005) *Introduction to operations research*, 8ste ed., New York, McGraw Hill
- ✓ Lambrecht, M. (1994) *Productie- en voorraadbeheer*, Leuven, Wolters
- ✓ Macharis, C. en Verbeke, A. (1999) *Intermodaal vervoer: Economische en strategische aspecten van het intermodaal vervoer in Vlaanderen*, Leuven-Apeldoorn, Garant
- ✓ Macharis, C. en Verbeke, A. (2004) *Intermodaal binnenvaartvervoer: Economische en strategische aspecten van het intermodaal binnenvaartvervoer in Vlaanderen*, Leuven-Apeldoorn, Garant
- ✓ Muller, G. (1995) *Intermodal freight transportation*, 4e ed., Washington, Intermodal Association of North America
- ✓ Paelinck, H. C. (2002) Multimodaal, intermodaal en gecombineerd vervoer: What’s in a name?, in Blauwens, G. en Witlox, F. (2002), *Multimodaal vervoer: zoektocht naar synergie tussen de modi?*, Antwerpen – Apeldoorn, Garant
- ✓ Strategische Werkgroep Multimodaal Transport (2006) *Handleiding beslissingsondersteunend instrument: Totale Logistieke Kost*, Antwerpen, VIL
- ✓ Tersine, R. J. (1994) *Principles of inventory and materials management*, 4e ed., New Jersey, Prentice Hall
- ✓ van Goor, A.R., Kruijtzter, A.H.I.M. en Esmeijer, G.W. (2000) *Goederenstroombesturing, voorraadbeheer en materials handling*, 5e ed., Den Haag, Stenfert Kroese
- ✓ Van Mierlo, J. en Macharis, C. (2005) *Goederen- en personenvervoer*, Antwerpen-Apeldoorn, Garant

- ✓ Vannieuwenhuyse, B. (2002) *Strategic logistics management through rational transport mode choice*, Leuven, K.U.Leuven
- ✓ Vannieuwenhuyse, B. (2004) 'De vervoerswijzekeuze: drijfveren, hefboomen en katalysatoren in een bedrijfseconomische context' in Blauwens, G., d'Haens, P. en Van Breedam, A. (2004) *26^e Vlaams Wetenschappelijk Economisch Congres*, Antwerpen-Apeldoorn, Garant, pp. 231-263
- ✓ Vannieuwenhuyse, B. en Misschaert, M. (2005) *Multimodaal vervoer – Knelpunten en opportuniteiten*, Antwerpen, VIL
- ✓ Vannieuwenhuyse, B. en Misschaert, M. (2006) *Totale logistieke kost – beslissingsondersteunend bij de bepaling van de optimale modal split*, Antwerpen, VIL
- ✓ Vannieuwenhuyse, B., Misschaert, M., Naesens, K. en Parodi, A. (2005) *Preshipment en achterlandtransport voor havenindustrie*, Antwerpen, VIL
- ✓ Veelenturf, J. en Higler, A. (1998) *Handboek Logistiek Management*, Schoonhoven, Academic Service
- ✓ Vernimmen, B. (2004) 'Een logistieke analyse van de modale keuze in het goederenvervoer' in Blauwens, G., d'Haens, P. en Van Breedam, A. (2004) *26^e Vlaams Wetenschappelijk Economisch Congres*, Antwerpen-Apeldoorn, Garant, pp. 205-229
- ✓ Vlaams Instituut voor de Logistiek vzw (2006) *Jaarverslag 2005*, Antwerpen, VIL

Krantenartikels

- ✓ Het Belang van Limburg (2007a) 'En de winnaar is... de binnenscheepvaart', *Het Belang van Limburg*, 29 maart 2007
- ✓ Het Belang van Limburg (2007b) 'Experiment met bakstenen en scheepvaart', *Het Belang van Limburg*, 9 februari 2007, p. 1 en 3

Papers

- ✓ Axsäter, S. (1996) *Using the Deterministic EOQ Formula in Stochastic Inventory Control*, *Management Science*, 42, pp. 830 – 834
- ✓ Cunningham, W.H.J. (1982) *Freight Modal Choice and Competition in Transportation: A Critique and Categorization of Analysis Techniques*, *Transportation Journal*, 21:4, 66-75
- ✓ Baumol W.J. en Vinod H.D. (1970) *An inventory theoretic model of freight transport demand*, *Management Science*, 16:7, 413-421
- ✓ Beuthe, M. et al. (2003) *A multi-criteria Methodology for Stated Preferences Among Freight Transport Alternatives*, European Regional Science Association conference
- ✓ Langley, C.J. (1980) *The inclusion of transportation costs in inventory models: some considerations*, *Journal of Business Logistics*, 2:1, pp. 106-125

- ✓ Liberatore, M.J. en Miller, T. (1995) *A Decision Approach for Transport Carrier and Mode Selection*, Journal of Business Logistics, 16:2, pp. 85-115
- ✓ McGinnis, M. A. (1989) *A Comparative Evaluation of Freight Transportation Choice Models*, Transportation Journal, 29:2, pp. 36-46
- ✓ Vandaele, E. en Witlox, F. (2004) *Kwaliteitsattributen in het Goederenvervoer Gemeten: een "Stated Preference" Benadering*, Tijdschrift Vervoerswetenschap, 40:3, pp. 21-25
- ✓ Vandaele, E. en Witlox, F. (2005) *Determining the Monetary Value of Quality Attributes in Freight Transportation Using a Stated Preference Approach*, Transportation Planning and Technology, 28:2, pp. 77-92
- ✓ Vernimmen, B. en Witlox, F. (2003) *The Inventory-Theoretic Approach to Modal Choice in Freight Transport: Literature Review and Case*, Brussels Economic Review – Cahiers Economiques de Bruxelles, 46:2, pp. 33-58
- ✓ Vannieuwenhuyse, B. (2002) in Vannieuwenhuyse, B. (2003) *De vervoerswijzekeuze: Drijfveren, hefboomen en katalysatoren in een bedrijfseconomische context*, Leuven, Transport en Mobility
- ✓ Zheng, Y.-S. (1992) *On Properties of Stochastic Systems*, Management Science, 38, pp. 87 - 103

Websites

- ✓ Belgische Spits Winthont (2007) 'Belgische Spits Winthont' (online) (Geraadpleegd op 5 maart 2007) Beschikbaar op <URL:<http://www.lvbhb.nl/galerij/winthont.html>>
- ✓ Delphi-methode (2006) 'Delphi-methode' (online) (Geraadpleegd op 24 februari 2007) Beschikbaar op: <URL:<http://soc.kuleuven.be/io/participatie/ned/delphi.htm>>
- ✓ Historie – NEA (2007) 'Historie' (online) (Geraadpleegd op 14 april 2007) Beschikbaar op <URL:<http://www.nea.nl/index.cfm/20,0,155,html>>
- ✓ Kamer van Koophandel: Import en Export, vervoer over weg en spoor (2006) 'Wegtransport: het CMR-document' (online) (Geraadpleegd op 13 september 2006) Beschikbaar op: <URL:<http://www.kvk.nl/artikel/artikel.asp?artikelID=417>>
- ✓ Landkaart België (2007) 'De kaart van België' (online) (Geraadpleegd op 10 april 2007) Beschikbaar op: <URL:
http://www.reisgraag.nl/pictures/Belgie/foto_landkaart%20belgie.gif/landkaart%20belgie.gif>
- ✓ Logistiek.nl (2006) 'Zijn voorraden een noodzakelijk kwaad?' (online) (Geraadpleegd op 5 februari 2007) Beschikbaar op: <URL:http://www.logistiek.nl/dossierartikelen/id274-Zijn_voorraden_een_noodzakelijk_kwaad.html>
- ✓ Logistiek.nl (2007) 'Duwbak moet kleine binnenvaart 'boost' geven' (online) (Geraadpleegd op 5 maart 2007) Beschikbaar op <URL: http://www.logistiek.nl/nieuws/id3205-Duwbak_moet_kleine_binnenvaart_boost_geven.html>

- ✓ NEA – Profiel (2006) 'Wat betekent NEA?' (online) (Geraadpleegd op 23 oktober 2006) Beschikbaar op: <URL: <http://www.nea.nl/dutch/profiel/profielframe.html>>
- ✓ Nieuwsblad Transport (2006) 'Nieuwsblad Transport – Links' (online) (Geraadpleegd op 7 september 2006) Beschikbaar op: <URL: <http://www.nieuwsbladtransport.nl/woordenboek/id348-Verlader.html>>
- ✓ Onderwijs – Binnenvaart (2006) 'Onderwijscoördinator binnenvaart' (online) (Geraadpleegd op 13 november 2006) Beschikbaar op <URL: <http://www.onderwijs-binnenvaart.nl/images/Kruiplijncoaster.JPG>>
- ✓ Over NEA (2006) 'Over NEA' (online) (Geraadpleegd op 25 februari 2007) Beschikbaar op <URL:[http:// www.nea.nl/index.cfm/20,html](http://www.nea.nl/index.cfm/20,html)>
- ✓ Promotie Binnenvaart Vlaanderen (2007) 'Het belang van de binnenvaart' (online) (Geraadpleegd op 5 maart 2007) Beschikbaar op <URL: http://www.binnenvaart.be/nl_html/iedereen/index.asp?belangvande binnenvaart.asp>
- ✓ SERV Webstek (2006) 'Vlaamse Havencommissie: Overige termen' (online) (Geraadpleegd op 13 september 2006) Beschikbaar op <URL: http://www.serv.be/Dispatcher.aspx?page_ID=05-03-00-00-007>
- ✓ Shortsea Shipping (2006) 'Wat is Shortsea Shipping?' (online) (Geraadpleegd op 28 augustus 2006) Beschikbaar op: <URL:http://www.shortsea.be/nederlands/33_html/main_set.htm>
- ✓ Steenfabrieken Vandersanden hanteert de principes van duurzaam ondernemen (2006) 'Bedrijfsmissie' (online) (Geraadpleegd op 29 maart 2007) Beschikbaar op <URL: <http://www.vandersanden.be/content/vandersanden/site/3538>>
- ✓ Steenfabrieken Vandersanden: Historiek (2006) 'Historiek' (online) (Geraadpleegd op 29 maart 2007) Beschikbaar op <URL: <http://www.vandersanden.be/content/vandersanden/site/3373>>
- ✓ Steenfabrieken Vandersanden: Vestigingen (2006) 'Vestigingen: Vandersanden NV en HUWA-Vandersanden BV' (online) (Geraadpleegd op 29 maart 2007) Beschikbaar op <URL: <http://www.vandersanden.be/content/vandersanden/site/3375>>
- ✓ Steenfabrieken Vandersanden: Wie is wie? (2006) 'Wie is wie bij Vandersanden?' (online) (Geraadpleegd op 29 maart 2007) Beschikbaar op <URL: <http://www.vandersanden.be/content/vandersanden/site/3374>>
- ✓ Van der Wees Watertransporten B.V./sleepdiensten en andere transporten over water (2006) 'RoRo Transporten' (online) (Geraadpleegd op 29 april 2007) Beschikbaar op <URL: <http://www.vanderwees.nl/watertransporten/index.htm>>
- ✓ Vidajo (2006) 'Vidajo' (online) (Geraadpleegd op 13 november 2006) Beschikbaar op <URL: <http://www.vidajo.nl/fotogroot/116.jpg>>
- ✓ Voka – Vlaams Economisch Verbond (2006) 'Transportdeskundigen helpen bedrijven' (online) (Geraadpleegd op 29 maart 2007) Beschikbaar op <URL: www.voka.be/tekst.asp?ID=2234&Rel=watervervoer>

- ✓ Waterscouting.com (2007) 'De site voor en door waterscouts' (online) (Geraadpleegd op 5 maart 2007) Beschikbaar op
<URL:http://www.waterscouting.com/page.php?page=wachtschepen&menu=devloot&sub_menu=>

Niet gepubliceerde werken

- ✓ Event - Totale logistieke kost (2006) *Totale Logistieke Kost: Beslissingsondersteunend bij het bepalen van de optimale modal split*, Antwerpen, VIL
- ✓ Intern Document Vandersanden (2007) *Binnenvaart project – Ship'n bricks*, Vandersanden
- ✓ Rentmeesters, F. (2006) *Voorraadmodellen*, Slides Hoorcollege Operationeel Onderzoek - Voorraadmodellen
- ✓ VEV – CIB (1999) *Alternatieve Modi voor Goederenvervoer, VEV-CIB-enquête en onderzoek*, oktober 1999, Antwerpen, Vlaams Economisch Verbond, Heverlee, Centrum voor Industrieel Beleid

Bijlagen

Inhoudsopgave bijlagen

Bijlage 1: Componenten van de transportkost – Wegvervoer

Bijlage 2: Componenten van de transportkost - Binnenvaart

Bijlage 3: Componenten van de transportkost – Spoorvervoer

Bijlage 4: Knelpunten multimodaal vervoer

Bijlage 5: NEA-Instituut

Bijlage 6: Voorraadniveau

Bijlage 7: Deterministic periodic-review model: Voorbeeld

Bijlage 8: Tabel normale verdeling

Bijlage 9: Foto's schepen en rijbrug roll-on/roll-off principe

Bijlage 10: Relaties met economische bestelhoeveelheid Q

Bijlage 11: Overzichtskaarten vestigingen Steenfabrieken Vandersanden

Bijlage 12: Experiment met bakstenen en binnenscheepvaart

Bijlage 13: Scenario's met alternatieve percentages kapitaalkost

Bijlage 14: Scenario's met alternatieve transporttarieven natransport

Bijlage 15: En de winnaar is... de binnenscheepvaart

Bijlage 16: Kaart België met aanduiding van Menen en Lanklaar

Bijlage 17: Foto's proefvaart 8 februari 2007 (Lanklaar)

Bijlage 18: Traject binnenvaart

Bijlage 19: Excel-bestand beslissingsondersteunend model*

Bijlage 20: Excel-bestand uitbreiding voorraadmodellen*

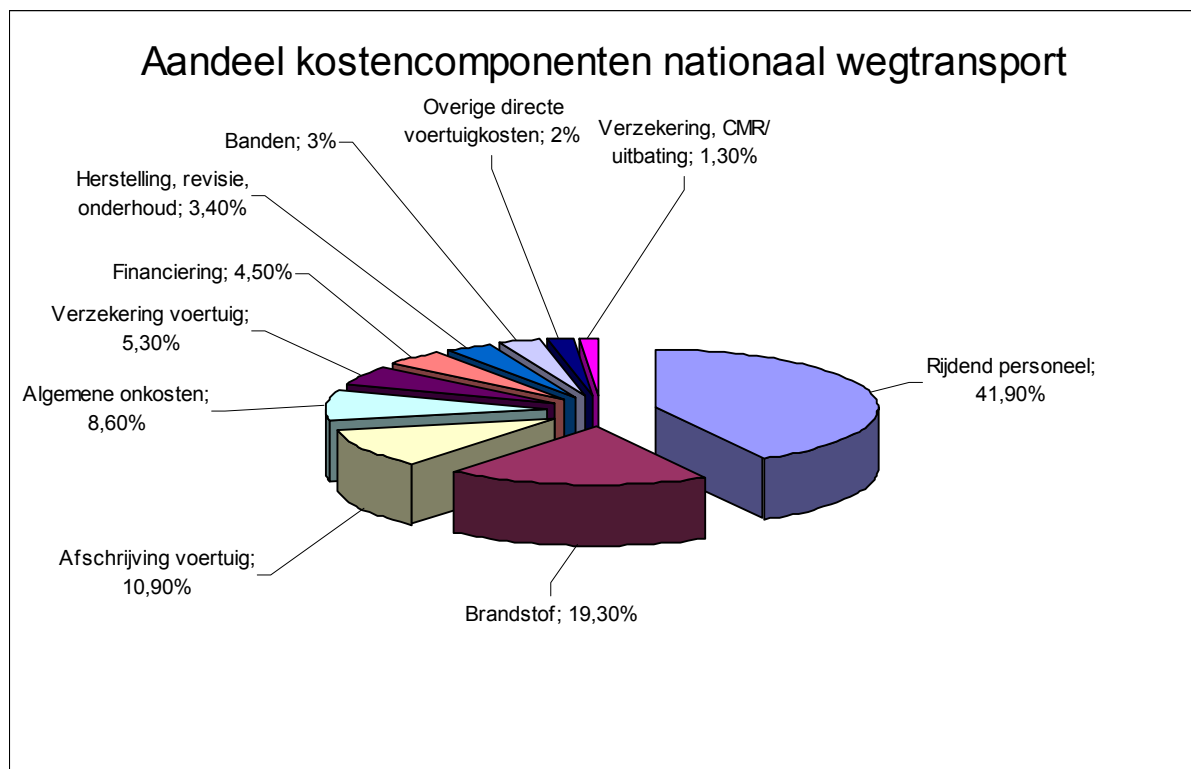
* De gegevens in bijlage 19 en 20 zijn deze die bekomen werden bij de heer W. Roox, logistiek coördinator bij Steenfabrieken Vandersanden.

Bijlage 1: Componenten van de transportkost – Wegvervoer

Tabel 16: Kostencomponenten transportkost - Wegvervoer

Rijdend personeel	41,90%
Brandstof	19,30%
Afschrijving voertuig	10,90%
Algemene onkosten	8,60%
Verzekering voertuig	5,30%
Financiering	4,50%
Herstelling, revisie, onderhoud	3,40%
Banden	3,00%
Overige directe voertuigkosten	2,00%
Verzekering, CMR/ uitbating	1,30%

Bron: Event – Totale logistieke kost



Figuur 14: Aandeel kostencomponenten nationaal wegtransport

(Bron: Event - Totale Logistieke kost, 2006)

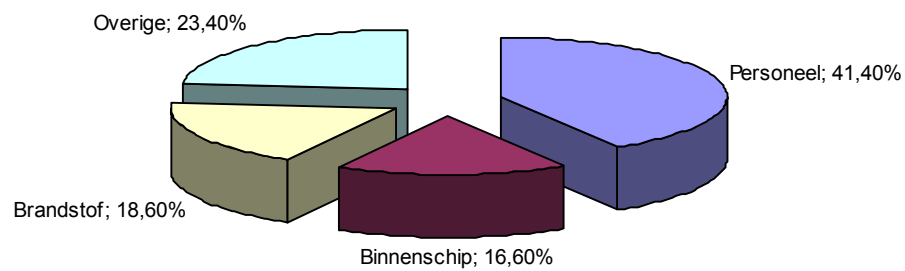
Bijlage 2: Componenten van de transportkost - Binnenvaart

Tabel 17: Kostencomponenten transportkost - Binnenvaart

Personeel	41,40%
Binnenschip	16,60%
Brandstof	18,60%
Overige	23,40%

Bron: Event – Totale logistieke kost

Aandeel kostencomponenten containerbinnenvaart



Figuur 15: Aandeel kostencomponenten containerbinnenvaart

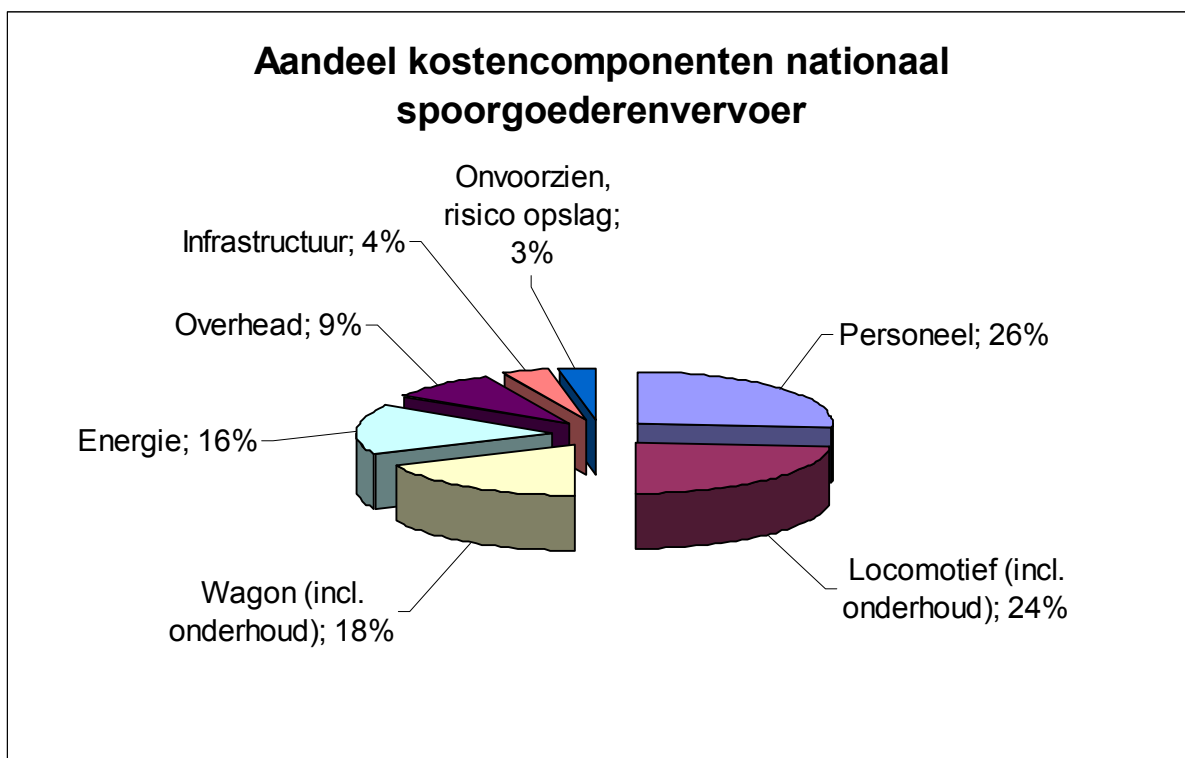
(Bron: Event- Totale Logistieke Kost, 2006)

Bijlage 3: Componenten van de transportkost – Spoorvervoer

Tabel 18: Kostencomponenten transportkost - Spoorvervoer

Personeel	26,00%
Locomotief (incl. onderhoud)	24,00%
Wagon (incl. onderhoud)	18,00%
Energie	16,00%
Overhead	9,00%
Infrastructuur	4,00%
Onvoorzien, risico opslag	3,00%

Bron: Event – Totale logistieke kost



Figuur 16: Aandeel kostencomponenten nationaal spoorgoederenvervoer

(Bron: Event - Totale Logistieke Kost, 2006)

Bijlage 4: Knelpunten multimodaal vervoer

Tabel 19: Technische en infrastructurele knelpunten multimodaal vervoer

TECHNISCHE/INFRASTRUCTURELE KNELPUNTEN	
	Knelpunten
Wegvervoer	- Congestie op de wegen; beschikbare capaciteit is op bepaalde wegen ontoereikend; het wegtransport wordt onbetrouwbaar.
Spoorvervoer	- Intrinsiek gebrek aan flexibiliteit; rangeren en hervormen van treinen is een tijdrovende en dure activiteit - Geen directe toegang tot het spoornetwerk voor de meeste bedrijven - Ongecoördineerde inplanting van spoorterminals - Hele trage operationele harmonisatie van het spoornet in Europa.
Binnenvaart – Shortsea Shipping	- Verouderde binnenvaartvloot, vooral een perceptie die leeft bij de ragende partij - Sluizen en bruggen met onbeperkte openingstijden en capaciteit - Beperkte densiteit van het netwerk, weinig bedrijven zijn watergebonden - Te weinig kaaimuren en loskades volgens de verladers; in onbruik geraakte private kaaien - Te weinig aandacht voor het onderhoud van kleine kanalen.
Intermodaal	- Niet altijd kostenefficiënte overslagterminals, o.a. wegens te kleine overslagvolumes, volgens bepaalde actoren ten gevolge van een ongecoördineerde inplanting van terminals.
Haven	- Lange en onvoorspelbare wachttijden aan de containerterminals in de havens waardoor het wegtransport en de binnenvaart veel kostbare tijd verliezen - Geen specifieke ruimte en infrastructuur voor SSS en binnenvaartbewegingen in de haven - Geen prioriteit aan hinterlandverbindingen.

(Bron: Vannieuwenhuijse en Misschaert, 2005)

Tabel 20: Organisatorische knelpunten multimodaal vervoer

ORGANISATORISCHE KNELPUNTEN	
	Knelpunten
Wegvervoer	- Vele kleine spelers met lage marges en bijgevolg weinig innovatiemogelijkheden - Steeds strengere reglementering in het wegvervoer.
Spoorvervoer	- Slechte reputatie van het spoor bij de gebruikers - Niet commerciële ingesteldheid van de nationale spooroperator, ontbreken van actieve marktprospectie - Trage liberalisering van het spoorvervoer in Europa.
Binnenvaart – Shortsea Shipping	- Vele kleine spelers met lage marges - Lastige administratieve formaliteiten voor SSS in havens - Weinig transparantie in binnenvaartsector - Te sterke oriëntatie van de binnenvaartoperatoren op de traditionele doelmarkt.
Intermodaal	- Te weinig aandacht voor hinterlandverbindingen in de havens; alle aandacht naar zeeschepen - Pleinvrees en wantrouwen tussen de verschillende modi; er is een kloof tussen de verschillende modi - Te weinig kennis bij de wegvervoerders van de aanvullende mogelijkheden die het 'alternatief vervoer' hen biedt - Te weinig samenwerking tussen de terminals - Te weinig grensoverschrijdende werking - Het slecht 'verkopen' van het intermodale product.
Haven	- Moeizaam proces voor het afhalen van containers in de haven.
Samenwerking verlader – logistieke dienstverlener	- Niet toereikend overleg tussen de dienstverlenende sector en de verladende industrie, bijvoorbeeld naar verdeling van verantwoordelijkheden, naar het nemen van veiligheidsmaatregelen - Geen kennis van elkaars verzuchtingen, dit verklaart mede het onderling wantrouwen - Geen kennis van alternatieve vervoerswijzen bij de verladers; gebrek aan kennis en expertise van het multimodale vervoersysteem - Beperkte venstertijden voor magazijnen en opslagplaatsen - Onvoldoende en laattijdig 'commitment' in de vervoermaterie bij de verladers.

(Bron: Vannieuwenhuyse en Misschaert, 2005)

Tabel 191: Maatschappelijke knelpunten multimodaal vervoer

MAATSCHAPPELIJKE KNELPUNTEN	
	Knelpunten
Geen 'level playing field'	- Beleid te eenzijdig toegespitst op stimulering van alternatieve modi; spoorvervoer in Europa en binnenvaart in Vlaanderen - Ongelijke subsidiëring en financiering van verschillende vervoerswijzen - Ongelijke subsidiëring en financiering van verschillende trajecten binnen een bepaalde vervoerswijze.
Geen eenduidig en geïntegreerd vervoerbeleid	- Versnippering van bevoegdheden inzake multimodaal vervoer over de verschillende overheden in België en over de verschillende ministers op Vlaams niveau - Een gebrek aan een eenduidig, krachtadig Europees vervoerbeleid; de lidstaten zijn niet bereid bepaalde bevoegdheden uit handen te geven - Gebrek aan voeling met de sector in de Europese commissie; er is een gebrek aan terreinervaring; het beleid staat ver van de praktijk - Negatieve perceptie omtrent logistiek en goederenvervoer bij de publieke opinie die het beleid beïnvloedt - Prioriteit vooralsnog aan het personenvervoer.

(Bron: Vannieuwenhuyse en Misschaert, 2005)

Bijlage 5: NEA-Instituut

NEA is in 1986 ontstaan uit drie instituten. Dit waren:

- ✓ Nederlands Vervoerswetenschappelijk Instituut (NVI), opgericht in 1946, dat fundamenteel en macro-economisch onderzoek uitvoerde op het gebied van verkeer en vervoer. Daarnaast organiseerde en bevorderde deze het onderwijs op het gebied van verkeer en vervoer in Nederland en een aantal ontwikkelingslanden. (NEA – Profiel, 2006)
- ✓ Het Economisch Bureau voor het Weg- en Watervervoer (EBW), werd in 1957 opgericht voor het doen van praktisch bruikbaar en wetenschappelijk verantwoord onderzoek ten behoeve van goed functionerend vervoer. In overleg met de Ministeries van Economische Zaken en Verkeer en Waterstaat werd het Bureau op initiatief van de organisaties in het beroepsvervoer over de weg (goederen en personen) en die in de binnenvaart in het leven geroepen. Het Bureau krijgt zijn basisfinanciering uit bijdragen van de deelnemende organisaties alsmede uit een subsidie van het Ministerie van Economische Zaken. = Vervoereconomisch onderzoek op bedrijfstak- en deelsectorniveau. (NEA – Profiel, 2006)
- ✓ Administratie- en automatisering Centrum voor het Beroepsvervoer (ACB), werd in 1969 opgericht door de vervoerdersorganisaties om in te kunnen spelen op gesignaleerde ontwikkelingen in de vervoerbranche en op het gebied van automatisering en verwerking van bedrijfs(tak)gegevens. Deze hield zich bezig met bedrijfsadvisering op het terrein van managementinformatie, procesbeheer en automatisering. (NEA – Profiel, 2006)

De drie instituten deelden reeds dezelfde huisvesting, toen in 1982 onderlinge samenwerking ontstond onder leiding van een gezamenlijk managementteam. In datzelfde jaar werden drie jubilea (35, 25 en 15 jaar) gevierd met een symposium. In 1986 werd Dr. H. den Harder aangesteld als algemeen directeur van de - toen nog zo geheten -NEA Instituten. (Historie - NEA, 2007)

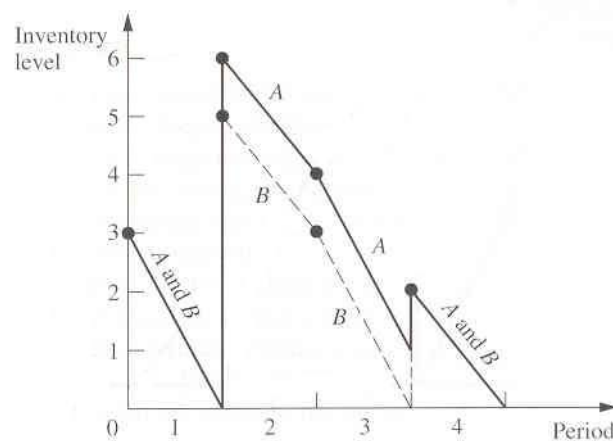
In 1997 werd de NEA Transport Hogeschool (NTH) opgericht. Hieraan waren twee opleidingen verbonden, Logistiek en vervoer en Personenvervoer en verkeer, in 2001 gevolgd door een derde studierichting: Verkeersveiligheid en mobiliteit. In 2003 zijn de activiteiten van de NTH overgenomen door Hogeschool NOVI in Utrecht. (Historie - NEA, 2007)

Op 1 januari 1999 werden de activiteiten van de Stichting NEA ondergebracht bij NEA Transportonderzoek en -opleiding B.V. Een jaar later nam het Centraal Bureau Rijvaardigheidsbewijzen (CBR) de aandelen van NEA B.V. over. Sinds 2005 maakt NEA deel uit van Panteia (voorheen EIM-RvB Groep), een nieuwe groep ondernemingen die een full service bieden in beleidsonderzoek, beleidsadvisering en marktonderzoek. (Historie NEA en Over NEA, 2007)

Bijlage 6: Voorraadniveau

Bij de ontwikkeling van hun deterministisch *periodic-review* model, gaan Hillier en Lieberman (2005) van volgende veronderstelling uit: "Bij een optimale politiek (productieschema) wordt er enkel bijbesteld (geproduceerd) wanneer het voorraadniveau nul is geworden".

De voorraadpolitiek (volle lijn in figuur 15) is een mogelijke voorraadpolitiek voor het voorbeeld uit de vliegtuigsector dat besproken wordt in bijlage 7. Deze voorraadpolitiek (politiek A) voldoet niet aan de hierboven aangehaalde kenmerken van een optimale voorraadpolitiek omdat er reeds geproduceerd wordt aan het begin van de vierde periode wanneer het voorraadniveau nog niet tot nul herleid is. Op dat moment is er nog één vliegtuig aanwezig in de voorraad. Deze voorraadpolitiek kan echter eenvoudig aangepast worden door in periode 2 één vliegtuig minder te produceren en één meer in periode 4. Deze nieuwe voorraadpolitiek (politiek B) wordt weergegeven door de stippellijn in onderstaande figuur. (Hillier en Lieberman, 2005)



Figuur 17: Vergelijking van twee voorraadpolitieken (productieschema's) voor het voorbeeld uit de vliegtuigsector besproken in bijlage 7

(Bron: Hillier en Lieberman, 2005)

Politiek B zal een kleinere totale kost hebben dan politiek A. De instelkosten en de productiekosten zijn voor beide politieken hetzelfde. De voorraadkost is echter kleiner voor politiek B dan voor politiek A vermits bij B minder voorraad aangehouden wordt in de tweede en de derde periode. In de andere periodes wordt er bij beide politieken evenveel voorraad aangehouden. Vandaar dat politiek B beter is dan politiek A. A kan dus geen optimale politiek zijn. (Hillier en Lieberman, 2005)

Bijlage 7: Deterministic periodic-review model: Voorbeeld

Het voorbeeld dat hieronder wordt weergegeven is overgenomen uit Hillier, F.S. en Lieberman, G.J. (2005) Introduction to Operations Research, 8^{ste} ed., New York, Mc Graw Hill, p. 848-849 en p. 851-852.

An airline manufacturer specializes in producing small airplanes. It has just received an order from a major corporation for 10 customized executive jet airplanes for the use of the corporation's upper management. The order calls for three of the airplanes to be delivered (and paid for) during the upcoming winter months (period 1), two more to be delivered during the spring (period 2), three more during the summer (period 3), and the final two during the fall (period 4).

Setting up the production facilities to meet the corporation's specifications for these airplanes requires a setup cost of \$2 million. The manufacturer has the capacity to produce all 10 airplanes within a couple of months, when the winter season will be under way. However, this would necessitate holding seven of the airplanes in inventory, at a cost of \$200.000 per airplane per period, until their scheduled delivery times. To reduce or eliminate these substantial holding costs, it may be worthwhile to produce a smaller number of these airplanes now and then to repeat the setup (again incurring the cost of \$2 million) in some or all of the subsequent periods to produce additional small numbers. Management would like to determine the least costly production schedule for filling this order.

Thus, using the notation of the model, the demands for this particular airplane during the four upcoming periods (seasons) are

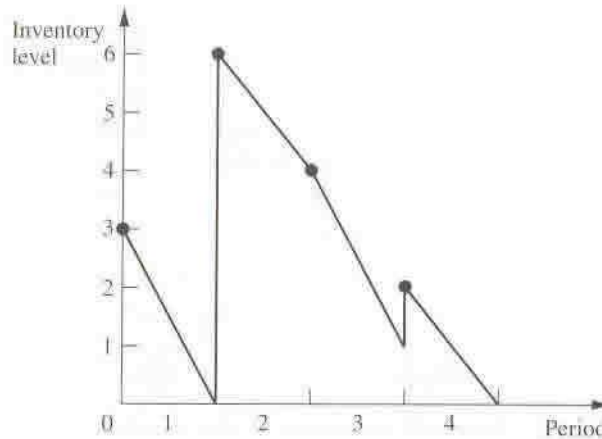
$$r_1 = 3, r_2 = 2, r_3 = 3, r_4 = 2.$$

Using units of millions of dollars, the relevant costs are

$$K = 2, h = 0,2.$$

The problem is to determine how many airplanes to produce (if any) during the beginning of each of the four periods in order to minimize the total variable cost. The high setup cost K gives a strong incentive not to produce airplanes every period en preferably just once. However, the significant holding cost h makes it undesirable to carry a large inventory by producing the entire demand for all four periods (10 airplanes) at the beginning. Perhaps the best approach would be an intermediate strategy where airplanes are produced more than once but less than four times. For example, one such feasible solution (but not an optimal one) is depicted in [figure 16], which shows the evolution of the inventory level over the next year that results from producing three

airplanes at the beginning of the first period, six airplanes at the beginning of the second period, and one airplane at the beginning of the fourth period. The dots give the inventory levels after any production at the beginning of the four periods.



Figuur 18: The inventory levels that result from one sample production schedule for the airplane example

(Bron: Hillier en Lieberman, 2005)

How can the optimal production schedule be found? For this model in general, production (or purchasing) is automatic in period 1, but a decision on whether to produce must be made for each of the other $n-1$ periods. Therefore, one approach to solving this model is to enumerate, for each of the 2^{n-1} combinations of production decisions, the possible quantities that can be produced in each period where production is to occur. This approach is rather cumbersome, even for moderate-sized n , so a more efficient method is desirable.

We first consider the case of finding C_4 , the cost of the optimal policy from the beginning period of period 4 to the end of the planning horizon:

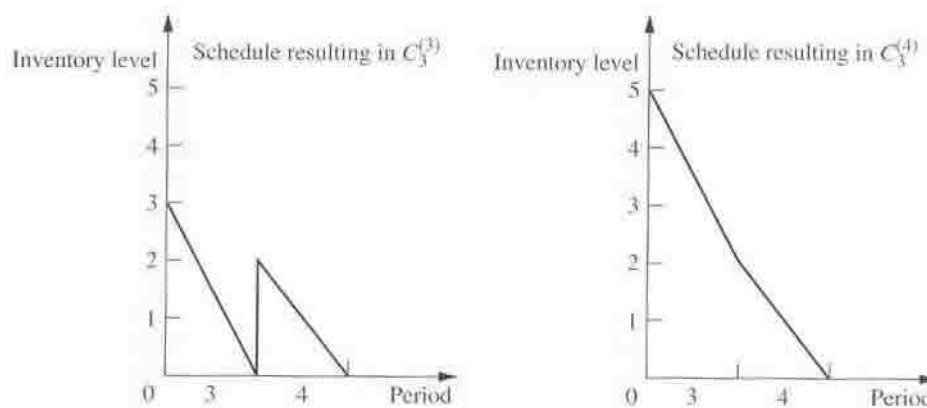
$$C_4 = C_5 + 2 = 0 + 2 = 2$$

To find C_3 , we must consider two cases, namely, the first time after period 3 when the inventory reaches a zero level occurs at (1) the end of the third period or (2) the end of the fourth period. In the recursive relationship for C_3 , these two cases correspond to (1) $j = 3$ and (2) $j = 4$. Denote the corresponding costs (the right-hand side of the recursive relationship with this j) by $C_3^{(3)}$ and $C_3^{(4)}$. These cases are reflected by the policy given in [figure 17].

$$C_3^{(3)} = C_4 + 2 = 2 + 2 = 4$$

$$C_3^{(4)} = C_5 + 2 + 0,2(2) = 0 + 2 + 0,4 = 2,4$$

$$C_3 = \min \{4 ; 2,4\} = 2,4$$



Figuur 19: Alternative production schedules when production is required at the beginning of period 3 for the airplane example

(Bron: Hillier en Lieberman, 2005)

Therefore, if the inventory level drops to zero upon entering period 3 (so production should occur then), the production in period 3 should cover the demand for both periods 3 and 4. To find C_2 , we must consider three cases, namely, the first time after period 2 when the inventory reaches a zero level occurs at (1) the end of the second period, (2) the end of the third period, or (3) the end of the fourth period. In the recursive relationship for C_2 , these cases correspond to (1) $j = 2$, (2) $j = 3$, and (3) $j = 4$, where the corresponding costs are $C_2^{(2)}$, $C_2^{(3)}$, and $C_2^{(4)}$, respectively. The cost C_2 is then the minimum of $C_2^{(2)}$, $C_2^{(3)}$, and $C_2^{(4)}$.

$$C_2^{(2)} = C_3 + 2 = 2,4 + 2 = 4,4$$

$$C_2^{(3)} = C_4 + 2 + 0,2(3) = 2 + 2 + 0,6 = 4,6$$

$$C_2^{(4)} = C_5 + 2 + 0,2[3 + 2(2)] = 0 + 2 + 1,4 = 3,4$$

$$C_2 = \min \{4,4; 4,6; 3,4\} = 3,4$$

Consequently, if production occurs in period 2 (because the inventory level drops to zero), this production should cover the demand for all the remaining periods.

Finally, to find C_1 , we must consider four cases, namely the first time after period 1 when the inventory reaches zero occurs at the end of (1) the first period, (2) the second period, (3) the third period, or (4) the fourth period. These cases correspond to $j = 1, 2, 3, 4$ and to the costs $C_1^{(1)}$, $C_1^{(2)}$, $C_1^{(3)}$, $C_1^{(4)}$, respectively. The cost C_1 is then the minimum of $C_1^{(1)}$, $C_1^{(2)}$, $C_1^{(3)}$ and $C_1^{(4)}$.

$$C_1^{(1)} = C_2 + 2 = 3,4 + 2 = 5,4$$

$$C_1^{(2)} = C_3 + 2 + 0,2(2) = 2,4 + 2 + 0,4 = 4,8$$

$$C_1^{(3)} = C_4 + 2 + 0,2[2 + 2(3)] = 2 + 2 + 1,6 = 5,6$$

$$C_1^{(4)} = C_5 + 2 + 0,2[2 + 2(3) + 3(2)] = 0 + 2 + 2,8 = 4,8$$

$$C_1 = \min \{5,4; 4,8; 5,6; 4,8\} = 4,8.$$

Note that $C_1^{(2)}$ and $C_1^{(4)}$ tie as the minimum, giving C_1 . This means that the policies corresponding to $C_1^{(2)}$ and $C_1^{(4)}$ tie as being the optimal policies. The $C_1^{(4)}$ policy says to produce enough in

period 1 to cover demand for all four periods. The $C_1^{(2)}$ policy covers only the demand through period 2. Since the latter policy has the inventory level drop to zero at the end of period 2, the C_3 result is used next, namely, produce enough in period 3 to cover the demand for periods 3 and 4. The resulting production schedules are summarized below.

Optimal Production Schedules

1. Produce 10 airplanes in period 1.
Total variable cost = \$4,8 million.
2. Produce 5 airplanes in period 1 and 5 airplanes in period 3.
Total variable cost = \$4,8 million.

Bijlage 8: Tabel normale verdeling

Tabel 202: Normale verdeling

	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,50000	0,49601	0,49202	0,48803	0,48405	0,48006	0,47608	0,47210	0,46812	0,46414
0,1	0,46017	0,45620	0,45224	0,44828	0,44433	0,44038	0,43644	0,43251	0,42858	0,42465
0,2	0,42074	0,41683	0,41294	0,40905	0,40517	0,40129	0,39743	0,39358	0,38974	0,38591
0,3	0,38209	0,37828	0,37448	0,37070	0,36693	0,36317	0,35942	0,35569	0,35197	0,34827
0,4	0,34458	0,34090	0,33724	0,33360	0,32997	0,32636	0,32276	0,31918	0,31561	0,31207
0,5	0,30854	0,30503	0,30153	0,29806	0,29460	0,29116	0,28774	0,28434	0,28096	0,27760
0,6	0,27425	0,27093	0,26763	0,26435	0,26109	0,25785	0,25463	0,25143	0,24825	0,24510
0,7	0,24196	0,23885	0,23576	0,23270	0,22965	0,22663	0,22363	0,22065	0,21770	0,21476
0,8	0,21186	0,20897	0,20611	0,20327	0,20045	0,19766	0,19489	0,19215	0,18943	0,18673
0,9	0,18406	0,18141	0,17879	0,17619	0,17361	0,17106	0,16853	0,16602	0,16354	0,16109
1,0	0,15866	0,15625	0,15386	0,15151	0,14917	0,14686	0,14457	0,14231	0,14007	0,13786
1,1	0,13567	0,13350	0,13136	0,12924	0,12714	0,12507	0,12302	0,12100	0,11900	0,11702
1,2	0,11507	0,11314	0,11123	0,10935	0,10749	0,10565	0,10383	0,10204	0,10027	0,09853
1,3	0,09680	0,09510	0,09342	0,09176	0,09012	0,08851	0,08691	0,08534	0,08379	0,08226
1,4	0,08076	0,07927	0,07780	0,07636	0,07493	0,07353	0,07215	0,07078	0,06944	0,06811
1,5	0,06681	0,06552	0,06426	0,06301	0,06178	0,06057	0,05938	0,05821	0,05705	0,05592
1,6	0,05480	0,05370	0,05262	0,05155	0,05050	0,04947	0,04846	0,04746	0,04648	0,04551
1,7	0,04457	0,04363	0,04272	0,04182	0,04093	0,04006	0,03920	0,03836	0,03754	0,03673
1,8	0,03593	0,03515	0,03438	0,03362	0,03288	0,03216	0,03144	0,03074	0,03005	0,02938
1,9	0,02872	0,02807	0,02743	0,02680	0,02619	0,02559	0,02500	0,02442	0,02385	0,02330
2,0	0,02275	0,02222	0,02169	0,02118	0,02068	0,02018	0,01970	0,01923	0,01876	0,01831
2,1	0,01786	0,01743	0,01700	0,01659	0,01618	0,01578	0,01539	0,01500	0,01463	0,01426
2,2	0,01390	0,01355	0,01321	0,01287	0,01255	0,01222	0,01191	0,01160	0,01130	0,01101
2,3	0,01072	0,01044	0,01017	0,00990	0,00964	0,00939	0,00914	0,00889	0,00866	0,00842
2,4	0,00820	0,00798	0,00776	0,00755	0,00734	0,00714	0,00695	0,00676	0,00657	0,00639
2,5	0,00621	0,00604	0,00587	0,00570	0,00554	0,00539	0,00523	0,00508	0,00494	0,00480
2,6	0,00466	0,00453	0,00440	0,00427	0,00415	0,00402	0,00391	0,00379	0,00368	0,00357
2,7	0,00347	0,00336	0,00326	0,00317	0,00307	0,00298	0,00289	0,00280	0,00272	0,00264
2,8	0,00256	0,00248	0,00240	0,00233	0,00226	0,00219	0,00212	0,00205	0,00199	0,00193
2,9	0,00187	0,00181	0,00175	0,00169	0,00164	0,00159	0,00154	0,00149	0,00144	0,00139

Bijlage 9: Foto's schepen en rijbrug roll-on/roll-off principe



Figuur 20: Containerschip

(Bron: Promotie Binnenvaart Vlaanderen, 2007)



Figuur 21: Duwstiel

(Bron: Logistiek.nl, 2007)



Figuur 22: Kempenaar

(Bron: Waterscouting.com, 2007)



Figuur 23: Kruiplijn Coasters

(Bron: Onderwijs - Binnenvaart, 2006)



Figuur 24: Roro-schip

(Bron: Vidajo, 2006)



Figuur 25: Spits

(Bron: Belgische Spits Winthont, 2007)



Figuur 26: Roll-on/roll-off met rijbrug

(Bron: Van der Wees Watertransporten B.V./sleepdiensten en andere transporten over water, 2006)



Figuur 27: Roll-on/roll-off met rijbrug

(Bron: Van der Wees Watertransporten B.V./sleepdiensten en andere transporten over water, 2006)



Figuur 28: Roll-on/roll-off met rijbrug

(Bron: Van der Wees Watertransporten B.V./sleepdiensten en andere transporten over water, 2006)



Figuur 29: Roll-on/roll-off met rijbrug

(Bron: Van der Wees Watertransporten B.V./sleepdiensten en andere transporten over water, 2006)

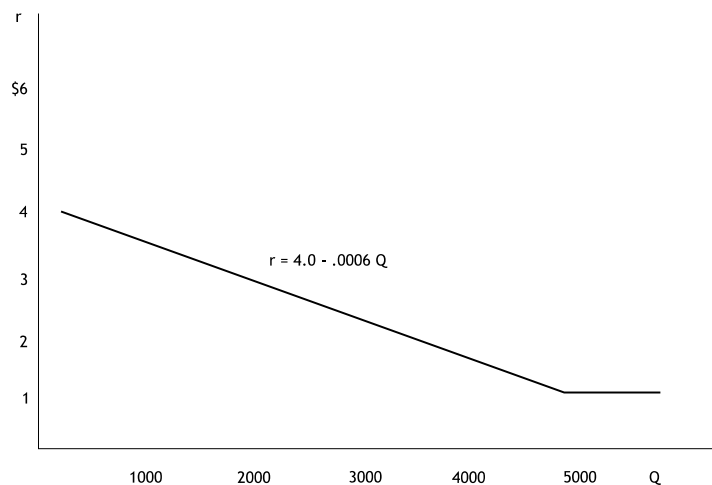


Figuur 30: Roll-on/roll-off met rijbrug

(Bron: Van der Wees Watertransporten B.V./sleepdiensten en andere transporten over water, 2006)

Bijlage 10: Relaties met economische bestelhoeveelheid Q

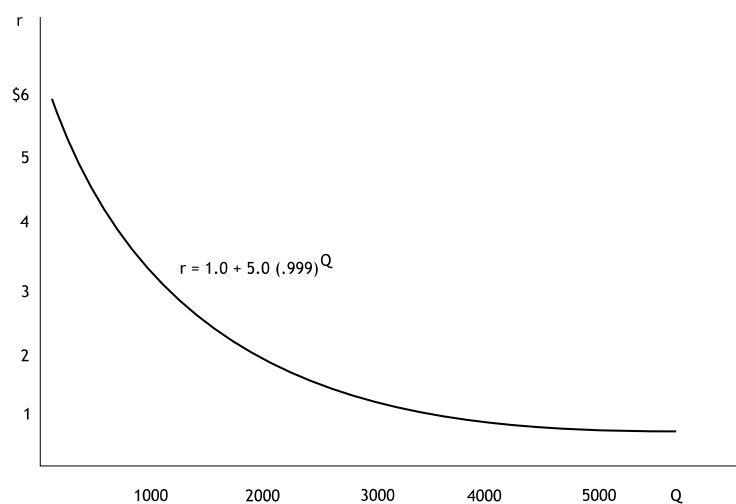
Proportionele relatie: $r = a - bQ$



Figuur 31: Proportionele relatie met economische bestelhoeveelheid Q

(Bron: Langley, 1980)

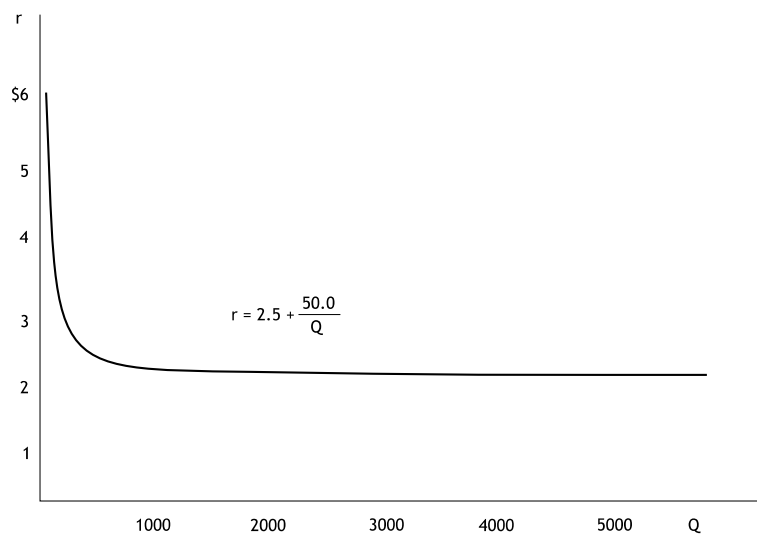
Exponentiële relatie: $r = a + bc^Q$ met $0 < c < 1$



Figuur 32: Exponentiële relatie met economische bestelhoeveelheid Q

(Bron: Langley, 1980)

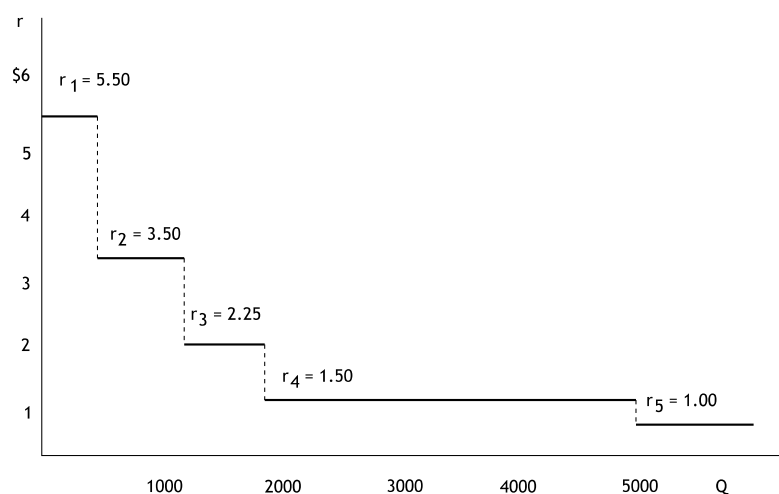
Inverse relatie: $r = a + \frac{b}{Q}$



Figuur 33: Inverse relatie met economische bestelhoeveelheid Q

(Bron: Langley, 1980)

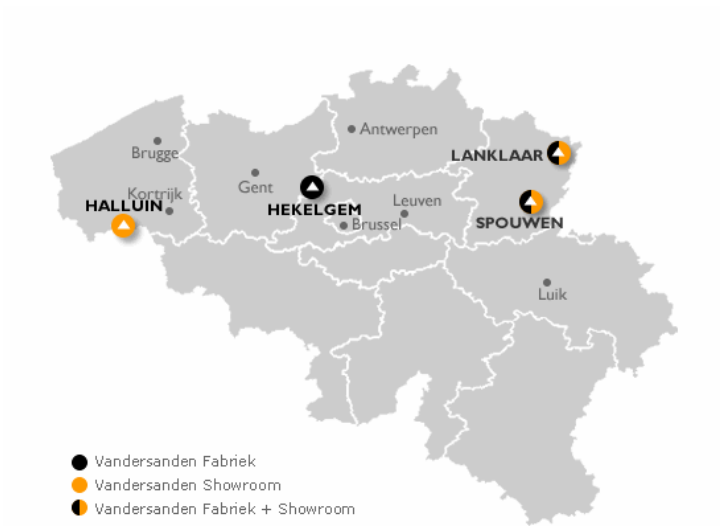
Discrete relatie: waarbij de transportkosten per eenheid constant zijn over een bepaald interval Q en waarbij de transportkosten per eenheid dalen vanaf een bepaald minimum van vervoerde goederen



Figuur 34: Discrete relatie met economische bestelhoeveelheid Q

(Bron: Langley, 1980)

Bijlage 11: Overzichtskaarten vestigingen Steenfabrieken Vandersanden



Figuur 35: Vestigingen Vandersanden in België en Noord-Frankrijk
(Bron: Steenfabrieken Vandersanden: Vestigingen, 2006)



Figuur 36: Vestigingen Vandersanden in Nederland
(Bron: Steenfabrieken Vandersanden: Vestigingen, 2006)

Bijlage 12: Experiment met bakstenen en scheepvaart

LANKLAAR – De Limburgse fabrikant van handvormgevelstenen Vandersanden heeft gisteren een experiment uitgevoerd voor het transport van bakstenen via de binnenscheepvaart. Aan de kade van Bekaert in Lanklaar heeft Vandersanden een eerste lading bakstenen op een schip geladen. Dat reist straks af richting Noord-Frankrijk, om van daaruit verder verdeeld te worden. “De wegen slibben dicht, met dit experiment willen we bestuderen of vervoer via binnenscheepvaart ook voor ons een alternatief is,” zegt Jos Bloemen van Vandersanden. Het experiment kadert in de samenwerking tussen De Scheepvaart en Voka.

Vandersanden experimenteert met scheepvaart

Het experiment van de fabriek van Vandersanden in Lanklaar (andere fabrieken bevinden zich in Spouwen en Hekelgem) begon gisteren in alle vroegte. Het laden nam een hele dag in beslag. “Een schip zoals dit kan 1.200 ton stenen laden, terwijl een vrachtwagen hooguit 25 ton aankan. Van de andere kant is het laden van een schip niet zo evident: het neemt veel tijd en personeel in beslag, terwijl een vracht in omzeggens een kwartier is geladen. Bovendien moet het schip nog eens gelost worden en de lading op de vrachtwagens gezet voor verdere distributie,” vat Bloemen een en ander samen. “We gaan nu de tijd nemen om dit experiment te analyseren. Maar onbekend is onbemand, we beseffen dat we in een verdere toekomst zullen moeten nadenken over een andere aanpak van de logistiek.”

Steenfabrieken Vandersanden deed voor het experiment een beroep op coördinator Filip Verbeke. Hij promoot dergelijke alternatieve logistieke plannen in opdracht van De Scheepvaart en Voka. Beide organisaties sloten daaromtrent eerder een samenwerkingsakkoord.

DC

(Het Belang van Limburg, 9 februari 2007)

Bijlage 13: Scenario's met alternatieve percentages kapitaalkost

In alle berekeningen in hoofdstuk 8 werd voor het berekenen van de transporttijdkosten en de voorraadkosten gerekend met een gemiddelde intrestvoet van zes procent die moet betaald worden voor leningen die men verkrijgt van de bank (kapitaalkost). Dit was echter een gemiddelde waarde vermits de bepaling van de rentevoet waaraan een onderneming kan ontfen op maat gebeurt en deze afhankelijk is van heel wat factoren, zoals:

- ✓ Het doel van het krediet
- ✓ De rating van de klant
- ✓ De duurtijd van het krediet
- ✓ De wijze van terugbetaling van het krediet (constante periodiciteiten, degressieve aflossingen, ...)
- ✓ De periodiciteit van de terugbetaling (maandelijks, trimestrieel, semestrieel, jaarlijks)
- ✓ De dekkingsgraad van de zekerheden (cash, hypotheek, mandaat & borg)

Aangezien de kapitaalkost afhankelijk is van zoveel factoren kan het interessant zijn om eens te kijken naar het effect van verschillende kapitaalkosten op de verschillende kostencomponenten en de totale logistieke kost. Hieronder worden de resultaten gegeven voor de alternatieven, gerekend aan een rentevoet van respectievelijk 4%, 5%, 6%, 7% en 8%.

Tabel 213: Scenario kapitaalkost 4%

4% kapitaalkost										
	Unimodaal wegvervoer		Multimodaal vervoer met Binnenvaart (Proefvaart)		Multimodaal vervoer met Binnenvaart (laden en lossen 100 ton per uur)		Multimodaal vervoer met Binnenvaart (laden en lossen 150 ton per uur)		Multimodaal vervoer met ponton (laden en lossen 150 ton per uur)	
	Bedrag (EUR)	%	Bedrag (EUR)	%	Bedrag (EUR)	%	Bedrag (EUR)	%	Bedrag (EUR)	%
Transportkosten	544.000,00	76,04%	524.000,00	68,72%	524.000,00	69,15%	524.000,00	69,77%	470.560,00	66,19%
Transporttijdkosten	94,25	0,01%	2.806,45	0,37%	2.655,66	0,35%	2.517,43	0,34%	1.781,59	0,25%
Overslagkosten	20.320,00	2,84%	84.700,00	11,11%	80.120,00	10,57%	73.440,00	9,78%	87.547,00	12,31%
Voorraadkosten	151.035,62	21,11%	151.035,62	19,81%	151.035,62	19,93%	151.035,62	20,11%	151.035,62	21,24%
Interne bedrijfskost	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%
Totale Logistieke kost	715.449,86	100%	762.542,07	100%	757.811,28	100%	750.993,05	100%	710.924,20	100%

Tabel 224: Scenario kapitaalkost 5%

	5% kapitaalkost									
	Unimodaal wegvervoer		Multimodaal vervoer met Binnenvaart (Proefvaart)		Multimodaal vervoer met Binnenvaart (laden en lossen 100 ton per uur)		Multimodaal vervoer met Binnenvaart (laden en lossen 150 ton per uur)		Multimodaal vervoer met ponton (laden en lossen 150 ton per uur)	
	Bedrag (EUR)	%	Bedrag (EUR)	%	Bedrag (EUR)	%	Bedrag (EUR)	%	Bedrag (EUR)	%
Transportkosten	544.000,00	75,15%	524.000,00	67,91%	524.000,00	68,33%	524.000,00	68,95%	470.560,00	65,38%
Transporttijdkosten	116,16	0,02%	3.459,12	0,45%	3.273,25	0,43%	3.102,88	0,41%	2.195,91	0,31%
Overslagkosten	20.320,00	2,81%	84.700,00	10,98%	80.120,00	10,45%	73.440,00	9,66%	87.547,00	12,16%
Voorraadkosten	159.452,05	22,03%	159.452,05	20,66%	159.452,05	20,79%	159.452,05	20,98%	159.452,05	22,15%
Interne bedrijfskost	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%
Totale Logistieke kost	723.888,22	100%	771.611,17	100%	766.845,31	100%	759.994,93	100%	719.754,96	100%

Tabel 235: Scenario kapitaalkost 6%

6% kapitaalkost										
	Unimodaal wegvervoer		Multimodaal vervoer met Binnenvaart (Proefvaart)		Multimodaal vervoer met Binnenvaart (laden en lossen 100 ton per uur)		Multimodaal vervoer met Binnenvaart (laden en lossen 150 ton per uur)		Multimodaal vervoer met ponton (laden en lossen 150 ton per uur)	
	Bedrag (EUR)	%	Bedrag (EUR)	%	Bedrag (EUR)	%	Bedrag (EUR)	%	Bedrag (EUR)	%
Transportkosten	544.000,00	74,28%	524.000,00	67,12%	524.000,00	67,54%	524.000,00	68,14%	470.560,00	64,59%
Transporttijdkosten	138,08	0,02%	4.111,78	0,53%	3.890,85	0,50%	3.688,33	0,48%	2.610,23	0,36%
Overslagkosten	20.320,00	2,77%	84.700,00	10,85%	80.120,00	10,33%	73.440,00	9,55%	87.547,00	12,02%
Voorraadkosten	167.868,49	22,92%	167.868,49	21,50%	167.868,49	21,64%	167.868,49	21,83%	167.868,49	23,04%
Interne bedrijfskost	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%
Totale Logistieke kost	732.326,58	100%	780.680,27	100%	775.879,34	100%	768.996,82	100%	728.585,72	100%

Tabel 246: Scenario kapitaalkost 7%

	7% kapitaalkost									
	Unimodaal wegvervoer		Multimodaal vervoer met Binnenvaart (Proefvaart)		Multimodaal vervoer met Binnenvaart (laden en lossen 100 ton per uur)		Multimodaal vervoer met Binnenvaart (laden en lossen 150 ton per uur)		Multimodaal vervoer met ponton (laden en lossen 150 ton per uur)	
	Bedrag (EUR)	%	Bedrag (EUR)	%	Bedrag (EUR)	%	Bedrag (EUR)	%	Bedrag (EUR)	%
Transportkosten	544.000,00	73,44%	524.000,00	66,35%	524.000,00	66,76%	524.000,00	67,35%	470.560,00	63,81%
Transporttijdkosten	160,00	0,02%	4.764,44	0,60%	4.508,44	0,57%	4.273,78	0,55%	3.024,55	0,41%
Overslagkosten	20.320,00	2,74%	84.700,00	10,72%	80.120,00	10,21%	73.440,00	9,44%	87.547,00	11,87%
Voorraadkosten	176.284,93	23,80%	176.284,93	22,32%	176.284,93	22,46%	176.284,93	22,66%	176.284,93	23,91%
Interne bedrijfskost	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%
Totale Logistieke kost	740.764,93	100%	789.749,38	100%	784.913,38	100%	777.998,71	100%	737.416,48	100%

Tabel 257: Scenario kapitaalkost 8%

8% kapitaalkost										
	Unimodaal wegvervoer		Multimodaal vervoer met Binnenvaart (Proefvaart)		Multimodaal vervoer met Binnenvaart (laden en lossen 100 ton per uur)		Multimodaal vervoer met Binnenvaart (laden en lossen 150 ton per uur)		Multimodaal vervoer met ponton (laden en lossen 150 ton per uur)	
	Bedrag (EUR)	%	Bedrag (EUR)	%	Bedrag (EUR)	%	Bedrag (EUR)	%	Bedrag (EUR)	%
Transportkosten	544.000,00	72,61%	524.000,00	65,60%	524.000,00	66,00%	524.000,00	66,58%	470.560,00	63,06%
Transporttijdkosten	181,92	0,02%	5.417,11	0,68%	5.126,04	0,65%	4.859,23	0,62%	3.438,87	0,46%
Overslagkosten	20.320,00	2,71%	84.700,00	10,60%	80.120,00	10,09%	73.440,00	9,33%	87.547,00	11,73%
Voorraadkosten	184.701,37	24,65%	184.701,37	23,12%	184.701,37	23,26%	184.701,37	23,47%	184.701,37	24,75%
Interne bedrijfskost	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%
Totale Logistieke kost	749.203,29	100%	798.818,48	100%	793.947,41	100%	787.000,60	100%	746.247,24	100%

Bijlage 14: Scenario's met alternatieve transporttarieven natransport

Bij de vergelijking van de kostencomponenten van de totale logistieke kost viel het op dat het onder meer het natransport is dat multimodaal vervoer minder aantrekkelijk maakt voor Vandersanden. De externe transporteur rekent immers een zeer hoog tarief aan per afgelegde kilometer voor het natransport (ongeveer 3,5 EUR/km) ten opzichte van het unimodale alternatief (1,21 EUR/km). Een mogelijke verklaring hiervoor werd reeds gegeven in paragraaf 8.4.3. Hieronder worden de resultaten gegeven voor enkele alternatieve tarieven voor het natransport ceteris paribus.

Tarief natransport = tarief unimodaal alternatief (=1,21 EUR/km)

De transportkost voor het binnenvaartalternatief wordt dan:

1,21 EUR/km x 1600 ritten x 60 km per rit = 116.160 EUR => Voor een vracht van 40.000 ton levert dit een kost op van 2,904 EUR/ton. De totale transportkost wordt dan 116.160 EUR + (4,7 EUR/ton x 40.000 ton) = 304.160 EUR.

Tabel 268: Vergelijking totale logistieke kost (1,21 EUR/km)

	<u>Wegvervoer</u>		<u>Binnenvaart met natransport</u> <u>wegvervoer</u>	
Kostencomponent	Euro	%	Euro	%
Transportkost	544.000,00 EUR	74,28%	304.160,00 EUR	54,70%
Transporttijdkost	138,08 EUR	0,02%	3.890,85 EUR	0,70%
Overslagkost	20.320,00 EUR	2,77%	80.120,00 EUR	14,41%
Voorraadkost	167.868,49 EUR	22,92%	167.868,49 EUR	30,19%
Interne Bedrijfskost	Buiten beschouwing		Buiten beschouwing	
Totale logistieke kost	732.326,58 EUR	100%	556.039,34 EUR	100%

Tarief natransport = tarief unimodaal alternatief + 50% (=1,81 EUR/km)

De transportkost voor het binnenvaartalternatief wordt dan:

1,81 EUR/km x 1600 ritten x 60 km per rit = 173.760 EUR => Voor een vracht van 40.000 ton levert dit een kost op van 4,344 EUR/ton. De totale transportkost wordt dan 173.760 EUR + (4,7 EUR/ton x 40.000 ton) = 361.760 EUR.

Tabel 29: Vergelijking totale logistieke kost (1,81 EUR/km)

	<u>Wegvervoer</u>		<u>Binnenvaart met natransport</u> <u>wegvervoer</u>	
Kostencomponent	Euro	%	Euro	%
Transportkost	544.000,00 EUR	74,28%	361.760,00 EUR	58,95%
Transporttijdkost	138,08 EUR	0,02%	3.890,85 EUR	0,63%
Overslagkost	20.320,00 EUR	2,77%	80.120,00 EUR	13,06%
Voorraadkost	167.868,49 EUR	22,92%	167.868,49 EUR	27,36%
Interne Bedrijfskost	Buiten beschouwing		Buiten beschouwing	
Totale logistieke kost	732.326,58 EUR	100%	613.639,34 EUR	100%

Tarief natransport = tarief unimodaal alternatief + 100% (=2,42 EUR/km)

De transportkost voor het binnenvaartalternatief wordt dan:

2,42 EUR/km x 1600 ritten x 60 km per rit = 232.320 EUR => Voor een vracht van 40.000 ton levert dit een kost op van 5,808 EUR/ton. De totale transportkost wordt dan 232.320 EUR + (4,7 EUR/ton x 40.000 ton) = 420.320 EUR.

Tabel 30: Vergelijking totale logistieke kost (2,42 EUR/km)

	<u>Wegvervoer</u>		<u>Binnenvaart met natransport</u> <u>wegvervoer</u>	
Kostencomponent	Euro	%	Euro	%
Transportkost	544.000,00 EUR	74,28%	420.320,00 EUR	62,53%
Transporttijdkost	138,08 EUR	0,02%	3.890,85 EUR	0,58%
Overslagkost	20.320,00 EUR	2,77%	80.120,00 EUR	11,92%
Voorraadkost	167.868,49 EUR	22,92%	167.868,49 EUR	24,97%
Interne Bedrijfskost	Buiten beschouwing		Buiten beschouwing	
Totale logistieke kost	732.326,58 EUR	100%	672.199,34 EUR	100%

Uit bovenstaande berekeningen blijkt dat de prijs voor het natransport waarbij beide alternatieven dezelfde totale logistieke kost opleveren, hoger zal liggen dan 2,42 EUR/km. Om de breakeven kost exact te berekenen, stellen we de totale logistieke kost van het multimodaal vervoer gelijk aan deze van het wegtransport, oftewel 732.326,58 EUR. Wanneer we ervan uit gaan dat de andere kostencomponenten ongewijzigd blijven, bekomen we een toegelaten transportkost van 480.447,24 EUR voor het multimodale alternatief. De kost voor het natransport wordt dan als volgt berekend: 480.447,24 EUR - (4,7 EUR/ton x 40.000 ton) = 292.447,24 EUR. Voor 1600 ritten van gemiddeld 60 kilometer levert dit een kost per kilometer op van 3,05 EUR/km. Indien Vandersanden met de transporteur dus een prijs kan overeenkomen voor het natransport die lager is dan 3,05 EUR/km (ceteris paribus), is het alternatief van de binnenvaart voordeliger. Echter zoals de gegevens er op dit moment uitzien, blijft voorlopig het wegvervoer de meest interessante oplossing.

Een andere factor die mogelijk meespeelt in de keuze tussen de verschillende alternatieve vervoerswijzen is het imago van Vandersanden. Immers, door de toegenomen aandacht voor de milieuproblematiek staan bedrijven meer en meer onder druk om over te schakelen op meer milieuvriendelijke vervoersmodi. Binnenscheepvaart is daar één van. Het kan dus zijn dat Vandersanden er in de toekomst voor opteert om over te schakelen op de binnenvaart omwille van het "groenere imago". Dit zal echter wel alleen gebeuren indien de voordelen van het betere imago opwegen tegen de extra kosten voor het alternatief met de binnenvaart. Dus zolang de kosten van het natransport niet verminderen, is de kans klein dat het binnenvaartalternatief voor Vandersanden extra voordelen zal opleveren.

Bijlage 15: En de winnaar is... de binnenscheepvaart

Snelste groeier en kleinste vervuiler sinds 1999

HASSELT – Het wegvervoer blijft veruit zorgen voor het grootste deel van het transport in ons land. Maar de snelste groeier is onmiskenbaar de binnenscheepvaart. Dat blijkt uit de jongste cijfers daarover, bijeengesprokkeld door de Federale Overheidsdienst Economie. De binnenscheepvaart is met een derde tot de helft gegroeid, en verbruikt tegelijkertijd een pak minder.

Zowel in vervoerd tonnage als in tonkilometer uitgedrukt, blijft het vervoer over de weg veruit de belangrijkste transportmodus in ons land, zo blijkt uit de cijfers (zie infografiek). Vervoer over de weg was in 2005 nog altijd goed voor 67% van het totaal vervoerde volume (luchtvervoer niet inbegrepen). In 1999 was dat nog 71%. De binnenscheepvaart zag zijn aandeel in het vervoerde volume in dezelfde periode stijgen van 18,6% tot 24,1%. In absolute cijfers weet ook het spoorwegvervoer te groeien, maar de verwezenlijkingen van de binnenscheepvaart zijn ontegensprekelijk een stuk beter.

Wat vooral opvalt, is dat het verbruik van olie bij de binnenscheepvaart met meer dan de helft is gezakt. Ook de spoorwegen doen het op dat vlak iets beter, terwijl het wegvervoer een alsmaar grotere vervuiler blijkt te zijn.

Verbruik

“Het sterk verminderde verbruik in de binnenscheepvaart heeft met twee factoren te maken,” zegt directeur Eric Portugaels van De Scheepvaart, de Vlaamse waterwegenbeheerder. “Enerzijds zijn de schepen groter geworden en zijn de motoren wezenlijk energiezuiniger geworden. Sinds 2003 loopt een ingrijpend moderniseringsplan in de binnenvaart (‘oud voor nieuw’), dat duidelijk zijn vruchten afwerpt. Minister Kris Peeters voorziet dit jaar overigens een eerste schijf van 350.000 EUR voor de *subsidie* van milieuvriendelijke motoren.”

Volgens Portugaels bewijzen ook andere cijfers de energievriendelijkheid van de scheepvaart. “Met 5 liter brandstof kan je met een binnenschip één ton vervoeren over een afstand van 500 kilometer. Een trein doet daar 333 km mee, en een vrachtwagen 100 kilometer. Wie de CO₂- uitstoot wil verminderen, kiest dus best voor binnenscheepvaart,” aldus Portugaels.

De binnenscheepvaart lijkt dus alle troeven voor de toekomst in handen te hebben. “Dat klopt.” beaamt Portugaels. “Als straks alle wegen zijn dichtgeslibd, zal de binnenscheepvaart hét alternatief bij uitstek zijn. We zullen wel moeten. Als het nieuwe Deurganckdok binnenkort op volle toeren draait, zullen er nog eens miljoenen containers hun weg verder landinwaarts moeten vinden. Als die alleen over de weg moeten, wordt dat een regelrechte ramp. Maar er is nog werk aan de winkel. We zullen nog meer terminals langs de waterwegen moeten uitrusten om de goederen van de waterwegen naar hun eindbestemming te brengen.”

Dominiek CLAES

Evolutie transportmodiIn vervoerde hoeveelheden (1.000 ton)

	1999	2004	2005	'04/'05	'99/'05
Binnenscheepvaart	110.309	147.765	168.093	13,8%	52,4%
Spoorwegen	59.149	58.454	60.976	4,3%	3,1%
Wegvervoer	422.028	485.621	467.008	-3,8%	10,7%
TOTAAL	591.486	691.840	696.077	0,6%	17,7%

In tonkilometer (miljoen tonkm)

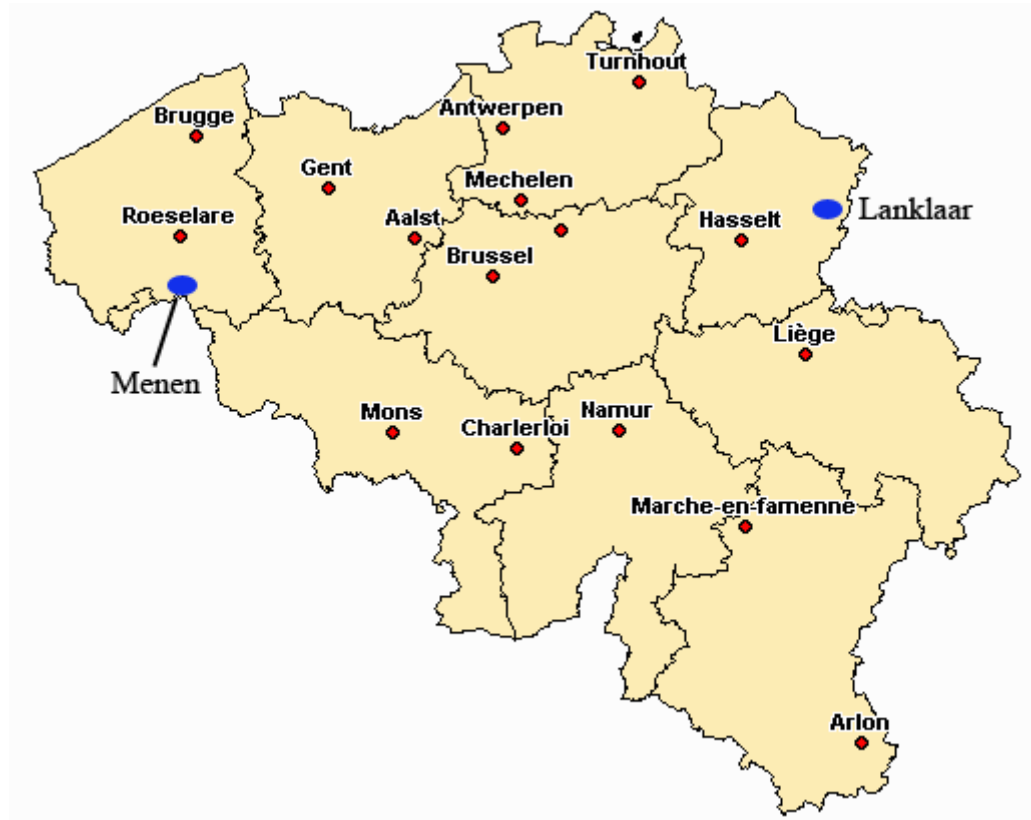
	1999	2004	2005	'04/'05	'99/'05
Binnenscheepvaart	6.455	8.459	8.720	3,1%	35,1%
Spoorwegen	7.392	7.691	8.130	5,7%	10,0%
Wegvervoer	42.214	54.856	52.537	-4,2%	24,5%
TOTAAL	56.061	71.006	69.387	-2,3%	23,8%

Olieverbruik (eq. 1.000 ton olie)

	1999	2003	2004	'03/'04	'99/'04
Binnenscheepvaart	263	256	116	-54,7%	-55,9%
Spoorwegen	184	171	170	-0,6%	-7,6%
Wegvervoer	7.596	8.162	8.488	4,0%	11,7%

(Het Belang van Limburg, 26 maart 2007)

Bijlage 16: Kaart België met aanduiding van Menen en Lanklaar



Figuur 37: Landkaart België met aanduiding ligging Menen en Lanklaar

(Bron: Landkaart België, 2007, met eigen aanvulling)

Bijlage 17: Foto's proefvaart 8 februari 2007 (Lanklaar)



Figuur 38: Laden van bakstenen te Lanklaar voor proefvaart

(Foto: Leen Ribus)



Figuur 39: Gedeeltelijk geladen schip

(Foto: Leen Ribus)

Bijlage 18: Traject binnenvaart

Beschrijving route

1. Vertrek vestiging Lanklaar
Zuid Willemsvaart + verbinding met Julianakanaal
Afstand: +/- 19 km
Traject: via Smeermaas tot aan sluis Bosscherveld
2. Julianakanaal
Afstand: +/- 7,5 km
Tot aan de Sluis van Lanaye
3. Albertkanaal
Afstand: +/- 93 km
Traject via:
Sluizen Genk, Diepenbeek, Hasselt, Kwaadmechelen, Olen:
Tot Viersel
4. Netekanaal
Sluis Viersel
Sluis Duffel
Afstand: 25,6 km
5. Rupel
Afstand: 9,2 km
Tot sluis Merelbeke
6. Verbinding met Boven-Zeeschelde
Afstand: 13,7 km
Brug Temse
Afstand: 21,3km
7. Boven-Zeeschelde
Afstand: 28,3 km
8. Verbinding met Leie
Afstand: 22,9 km
Sluis Merelbeke
9. Leie tot eindbestemming Menen
Afstand: +/- 31 km
Sluis Harelbeke
Afstand: +/- 25 km
Sluis Menen
Aankomst in Menen

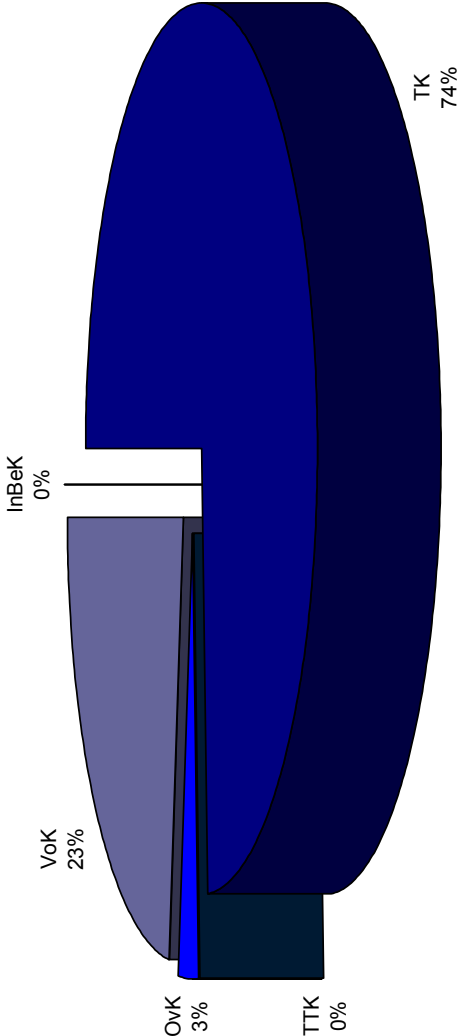
Totale afstand via de waterweg: 296,5 km

Bijlage 19: Excel-bestand beslissingsondersteunend model

Unimodaal wegvervoer

TOTALE LOGISTIEKE KOST		TABEL 1
Kostencomponent	Waarde (euro)	Link berekening
Transportkost	TK	544.000,00
Transporttijdskost	TTK	138,08
Overslagkost	OvK	20.320,00
Voorraadkost	VoK	167.868,49
Interne bedrijfskost	InBeK	0,00
TOTAAL		732.326,58

Totale logistieke kost



OPGELET: De opgeleverde kosten dienen betrekking te hebben op een specifieke goederenstroom gedurende één jaar.

GOEDERENSTROOM				LIJST 1	
	Vraag	Antwoord	Eenheid	Toelichting	
1 1	Welke goederenstroom of stromen worden in scope meegenomen?	Lanklaar - Frankrijk en Spouwen - Frankrijk	pallets		
1 1 1	Welke oorsprong-bestemmingsrelatie?	fabriek - eindgebruiker			
1 1 2	Welke soort goederen?	bakstenen			
1 1 3	Welk volume aan goederen?	40.000,00	ton		
1 1 4	Hoeveel transporten werden uitgevoerd?	1.600,00	aantal		
1 1 5	Wat is het totaal aantal werkelijk afgelegde kilometers?	450.000,00	km	gerekend aan ongeveer 280km/rit	
1 2	Geef een overzicht van het logistieke proces van de goederenstroom in scope.	rechtstreeks naar de werf van de klant			
1 2 1	Welke stappen worden doorlopen in het logistieke proces?	transport van A naar B (fabriek - werf)			
1 2 2	Wat is de benodigde tijd om deze stappen uit te voeren?	laden 0,5u (incl. wachttijd) - transporttijd 4u - lossen 0,5u (incl. wachttijd)	uren	laden 30 min- transporttijd 4 uren - 30 min lossen (het laden en lossen op zich duurt maar 15 minuten, maar hier moet telkens nog ongeveer 15 min wachttijd bijgeteld worden.)	
1 2 3	Welke middelen worden ingezet bij deze stappen (zowel personeel, infrastructuur als superstructuur)?	administratie 10 min per rit - 15 min (heftruck + man= 50€ /uur)		1 manuur = 30 €/u - heftruck + bestuurder => 30€/u voor chauffeur + 20€/u heftruck => 15 min = 0,25u => 0,25u + 0,1667u (10 min) = 0,4167u	
1 2 4	Wat is de modal split?	vrachtwagen			
1 2 5	Wat zijn de knelpunten?	schadegevallen door ongevallen / hoe verder transport hoe groter risico op schade door wrijving / files / milieuvervuiling			
1 2 6	Wat zijn de toekomstige behoeften?	goedkoper / minder schade			

TRANSPORTKOST				LIJST 2	
	Vraag	Antwoord	Eenheid	Toelichting	
2 1	Verzorgt uw bedrijf het transport zelf of wordt het transport uitbesteed aan derden?	derden			
2 2	Wat is de totale externe transportkost?		euro	544.000,00	
2 2 1	Wat is de transportkost per kilometer?		euro/km	1,21	
2 2 2	Wat is de transportkost per uur?		euro/uur	68,00	
2 2 3	Zijn er nog overige externe kosten?	-	euro	gerekend incl. Laden en Lossen	
2 3	Wat is de totale interne transportkost?	-	euro		
2 3 1	Wat zijn de personeelskosten?	-	euro		
2 3 2	Wat zijn de energiekosten	-	euro		
2 3 3	Wat zijn de kosten voor materieel?	-	euro		
2 3 4	Wat zijn de onderhoudskosten?	-	euro		
2 3 5	Wat zijn de verzekeringskosten?	-	euro		
2 3 6	Wat is de kost voor de financiering van de investering?	-	euro		
2 3 7	Wat is de kost voor banden?	-	euro		
2 3 8	Wat zijn de overige kosten?	-	euro		
2 4	Indien externe transporteur, wordt deze per uur, per kilometer of per rit betaald?	per rit			
2 5	Totaal aantal werkelijk gepresteerde uren van de transporteur (incl. laden, lossen en wachttijden)?		uren	8.000,00	
2 6	Opdeling van de werkelijk gepresteerde uren door de transporteur naar activiteit?	laden 0,5u (incl. wachttijd) - transporttijd 4u - lossen 0,5u (incl. wachttijd)	uren	1600 ritten x 5u per rit (incl. tijd voor laden en lossen en wachttijd) laden 30 min- transporttijd 4 uren - 30 min lossen	

TRANSPORTTIJDKOST			LIJST 3	
Vraag	Antwoord	Eenheid	Toelichting	
3 1 Wat is de jaarlijks getransporteerde waarde?	3.840.000,00	euro	Berekend tegen 3/4 van de omzet. Productiekost is ongeveer 3/4 van de verkoopprijs	
3 2 Wat is de gemiddelde tijd nodig voor een geladen transport (incl. laden, lossen en wachttijden)?	5	uren		
3 3 Wat is de kost voor het financieren van de voorraad tijdens het transport (= kapitaalkost)?	6% à 8%	%	begin en midden maand facturatie naar de klant	
3 3 1 Wat is de vooropgestelde ROI (return on investment) bij recente investeringsprojecten?		%		
3 3 2 Wat is de rente aangerekend door de bank bij het ontfemen van geld?		%		
3 3 3 Wat is de WACC van uw onderneming (= Weighted Average Cost of Capital)?		%	gemiddeld heeft Vandersanden 2 maanden stock staan (waarde 942.000 € voor 3.250.000 stuks (19500000 stuks/6 om voor 2 maanden te berekenen))	
3 4 Wat is het risico op fysisch bederf tijdens het transport?	0,1%	%	Vraag 3,4 of 3,5 slechts 1 maal in rekening brengen	
3 4 1 Wat is de jaarlijkse waarde van het fysisch bederf te wijten aan het transport?	3840	euro		
3 5 Wat is het risico op economisch bederf tijdens het transport?				
3 5 1 Wat is de jaarlijkse waarde van het economisch bederf te wijten aan het transport?	0,1%	%	Vraag 3,4 of 3,5 slechts 1 maal in rekening brengen	
3 5 2 Wat is de economische levensduur van de vervoerde producten?	3840	euro		
3 6 Wat is het risico op schade en verlies tijdens het transport per rit?		jaren		
3 6 1 Wat is het jaarlijkse waardeverlies te wijten aan schade tijdens het transport?	0,20%	%		
3 6 2 Wat is het jaarlijkse waardeverlies te wijten aan verlies tijdens het transport?	7680	euro		
	0	euro		

OVERSLAGKOST			LIJST 4	
Vraag	Antwoord	Eenheid	Toelichting	
4 1 Op welke momenten in de keten gebeurt er overslag?			enkel laden en lossen van de vrachtwagen	
4 1 1 Beschrijf het verpakingsproces.			zoals op bedrijf Vandersanden	
4 1 2 Beschrijf het interne logistieke proces.			zoals op bedrijf Vandersanden	
4 1 3 Beschrijf de magazijnoperaties (enkel laden en lossen).			zoals op bedrijf Vandersanden	
4 1 4 Wordt er gebruik gemaakt van een multimodale terminal?			In dit alternatief is er enkel gebruik van het wegvervoer	
4 2 Wat is de totale overslagkost die betaald wordt aan de externe dienstverlener?		euro		
4 2 1 Hoeveel overslagbehandelingen per jaar gebeuren er?		aantal		
4 2 2 Wat is de kost van een overslagbehandeling uitgevoerd door de externe dienstverlener?		euro		
4 3 Wat is de totale kost voor het verpakken van de goederen?		euro	Palet 2,5€ + hoes 2,5€ (plastiek 2€+ krimpen 0,5€) + personeel 2€ per pak (32500 paletten aan 600 stuks per palet x 7€)	
4 3 1 Wat is de kost voor het personeel bij het verpakken van de goederen?		euro		
4 3 2 Wat is de kost voor de infrastructuur bij het verpakken van de goederen?		euro		
4 3 3 Wat is de kost voor het materieel bij het verpakken van de goederen?		euro		
4 3 4 Wat is de kost voor onderhoud bij het verpakken van de goederen?		euro		
4 3 5 Wat is de kost van het verpakingsmateriaal?		euro		
4 3 6 Wat zijn de energiekosten bij het verpakken van de goederen?		euro		
4 3 7 Wat is de verzekeringskost voor zowel personeel, infrastructuur en materieel bij het verpakken van de goederen?		euro		
4 3 8 Wat zijn de overige kosten bij het verpakken van de goederen?		euro	zit reeds in de 5 € verpakingsmateriaal onder de vorm van 'krimpen'	

4	4	Wat is de totale kost voor laad en los activiteiten uitgevoerd door de eigen onderneming?	20.320,00	euro	50 € (man + heftruck) x 15 min x 1600 vrachten => 50€/u x 0,25u x 1600 = 20000€ + 320€
4	4	1 Wat is de kost voor het personeel bij laad en los activiteiten uitgevoerd door de eigen onderneming?	12.000,00	euro	30 €/u (loon) x 0,25u x 1600 ritten
4	4	2 Wat is de kost voor de infrastructuur bij laad en los activiteiten uitgevoerd door de eigen onderneming?		euro	
4	4	3 Wat is de kost voor de superstructuur bij laad en los activiteiten uitgevoerd door de eigen onderneming?	8.000,00	euro	20 €/u (heftruck) x 0,25u x 1600 ritten
4	4	4 Wat is de kost voor onderhoud bij laad en los activiteiten uitgevoerd door de eigen onderneming?	320,00	euro	om de 100 uren onderhoud (2 man + heftruck = 80€ / per uur) => (2 x 30 €) + 20 € => 1600 ritten, 15 min laden per rit => 400 uren laden op een jaar => 4 maal per jaar onderhoud heftruck (1 uur) => 4u x 80€/u = 320€
4	4	5 Wat zijn de energiekosten bij laad en los activiteiten uitgevoerd door de eigen onderneming?		euro	zitten al in de kosten van de heftruck
4	4	6 Wat is de verzekeringskost voor zowel personeel, infrastructuur en superstructuur bij laad en los activiteiten uitgevoerd door de eigen onderneming?		euro	
4	4	7 Wat zijn de overige kosten bij laad en los activiteiten uitgevoerd door de eigen onderneming?		euro	
4	5	Zijn er nog overige kosten die gepaard gaan met de overslagbehandelingen (bvb. schade, ...)?		euro	

VOORRAADKOST			LIJST 5		
	Vraag	Antwoord	Eenheid	Toelichting	
5 1	Wat is de gemiddelde voorraadwaarde?		942.000,00	euro	zie 3,3,3 => 942.000€ voor 2 maanden
5 1 1	Wat is de totale jaarlijkse omzet?		5.120.000,00	euro	
5 1 2	Hoeveel dagen liggen de goederen gemiddeld op voorraad?		60	dagen	
5 2	Wat is de kost voor het financieren van de voorraad tijdens opslag (= kapitaalkost)?	6% à 8%		%	
5 2 1	Wat is de vooropgestelde ROI (return on investment) bij recente investeringsprojecten?			%	
5 2 2	Wat is de rente aangerekend door de bank bij het ontfangen van geld?			%	
5 2 3	Wat is de WACC van uw onderneming (= Weighted Average Cost of Capital)?			%	
5 3	Wat is de jaarlijkse magazijnkost als percentage van de gemiddelde jaarlijkse voorraadwaarde?		112.320,00	euro	40.000 ton is 9 % van het totale behandelde volume. Op jaarbasis werken 13 mensen in magazijn met heftruck = 13 x 160 uren per maand x 50€ per uur (incl. heftruck) x 12 maanden x 9%
5 3 1	Wat is de totale jaarlijkse magazijnkost?				
5 4	Wat is het risico op fysisch bederf tijdens opslag?		0%	%	
5 4 1	Wat is de jaarlijkse waarde van het fysisch bederf te wijten aan opslag?		0	euro	
5 5	Wat is het risico op economisch bederf tijdens opslag?		0%	%	
5 5 1	Wat is de jaarlijkse waarde van het economisch bederf te wijten aan opslag?		0	euro	
5 5 2	Wat is de economische levensduur van de vervoerde producten?			jaren	
5 6	Wat is het risico op schade en verlies tijdens opslag?		0,60%	%	(heftruck kan soms pakken beschadigen)
5 6 1	Wat is het jaarlijkse waardeverlies te wijten aan opslag?		5.652,00	euro	942.000 x 0,1% => waardeverlies voor 2 maanden => nog x 6 voor 1 jaar
5 6 2	Wat is het jaarlijkse waardeverlies te wijten aan verlies tijdens opslag?		0	euro	

INTERNE BEDRIJFSKOST			LIJST 6	
Vraag	Antwoord	Eenheid	Toelichting	
6 1 Welke interne bedrijfsprocessen maken deel uit van het logistieke proces?	automatisch		2 x maand van alle orders die geladen zijn, wordt een factuur afgedrukt veel geautomatiseerd (barcoding)	
6 1 1 Hoe gebeurt de facturatie?				
6 1 2 Hoe gebeurt het bestellen?	telefoon / fax / e-mail			
6 1 3 Hoe gebeurt het voorraadbeheer?	Computersysteem AS/400			
6 1 4 Hoe gebeurt het plannen van het transport?	AS/400 rittenschema			
6 1 5 Hoe gebeurt de opvolging van het transport?				
6 2 Wat is de totale kost verbonden aan de interne bedrijfsprocessen?		euro		
6 2 1 Wat is de personeelskost (incl. management)?		euro		
6 2 2 Wat is de kost voor infrastructuur?		euro		
6 2 3 Wat is de kost voor ICT?		euro		
6 2 4 Wat is de kost voor kantooormateriaal?		euro		
6 2 5 Wat is de kost voor onderhoud?		euro		
6 2 6 Wat is de kost voor energie?		euro		
6 2 7 Wat is de kost voor verzekering?		euro		
6 2 8 Wat is de kost voor financiering?		euro		
6 2 9 Zijn er nog andere kosten?		euro		

TRANSPORTKOST

COMPONENTEN TRANSPORTKOST				TABEL 2
Data	Eenheid	Omschrijving	Waarde (euro)	
<i>Kosten externe dienstverleners</i>				
Transportkosten	euro		544.000,00	544.000,00
Transportkost per km	euro/km		1,21	
Aantal kilometers	km		450.000,00	
Transportkost per uur	euro/uur			
Aantal uren	uur			
Overige	euro			
<i>Kosten eigen onderneming</i>				
Transportkosten	euro			0,00
Personeel	euro			
Energie	euro			
Materieel	euro			
Onderhoud	euro			
Verzekering	euro			
Financiering	euro			
Banden	euro			
Overige	euro			
			TOTAAL	544.000,00

OVERSLAGKOST

COMPONENTEN OVERSLAGKOST				TABEL 4
Data	Eenheid	Omschrijving	Waarde	
<i>Kosten externe dienstverleners</i>				
Overslagkost	euro			0,00
Kost per overslagbehandeling	euro			
Aantal overslagbehandelingen	aantal			
<i>Kosten eigen onderneming</i>				
Overslagkost	euro			20.320,00
Berekening obv kost per behandeling				
Kost per overslagbehandeling	euro			
Aantal overslagbehandelingen	aantal			
Berekening obv kostencomponenten				
Personeel	euro		12.000,00	
Infrastructuur	euro			
Superstructuur	euro		8.000,00	
Onderhoud	euro		320,00	
Energie	euro			
Verzekering	euro			
Financiering	euro			
Overige	euro			
			TOTAAL	20.320,00

VOORRAADKOST

COMPONENTEN VOORRAADKOST					TABEL 5
Data		Eenheid	Omschrijving	Waarde	
Voorraadkost		euro			0,00
Waardering voorraad (%)		%			19,9%
Kapitaalkost		%		6,0%	
Magazijnkost		%			
Totale jaarlijkse magazijnkost		euro		112.320,00	
Fysische bederfbaarheid		%		0,0%	
Waarde fysisch bederf te wijten aan opslag		euro		0	
Economische bederfbaarheid		%		0,0%	
Waarde economisch bederf te wijten aan opslag		euro		0,00	
Economische levensduur		jaar			
Risicofactor (schade of verlies)		%		0,6%	
Waarde schade en verlies te wijten aan opslag		euro		5.652,00	
Gemiddelde jaarlijkse voorraadwaarde		euro			841.643,84
Totale jaarlijkse omzet		euro		5.120.000,00	
Gemiddeld aantal dagen voorraad		dag		60	
				TOTAAL	167.868,49

INTERNE BEDRIJFSKOST

COMPONENTEN INTERNE BEDRIJFSKOST				TABEL 6
Data	Eenheid	Omschrijving	Waarde	
Interne bedrijfskosten	euro			0,00
Personeel	euro			
Infrastructuur	euro			
ICT	euro			
Kantooormateriaal	euro			
Onderhoud	euro			
Energie	euro			
Verzekering	euro			
Financiering	euro			
Overige	euro			
			TOTAAL	0,00

VERVOERSMOGELIJKHEDEN EN KOSTEN			TABEL 1
Transportwijze	Kosten per tonkilometer	Factor duurder	
Schip (index = 100)	100		
Pijpleiding	130	1,3	
Trein	330	3,3	
Vrachtwagen	1450	14,5	
Vliegtuig	4800	48	
Bron: CBS			
Bron: Oteman, M. (2004) Logistiek een bedrijfskundige benadering, uitgeverij coutinho, p. 198			

DIRECTE TRANSPORTKOST VOOR LANGEAFSTANDSTRANSPOORT PER TON-KM					TABEL 2
Factor	Weg	Water	Spoor	Lucht	Pijpleiding
Kosten (€)	0,074	0,026	0,049	0,26	0,0078
Bron: NEA Transportonderzoek, 2003					

Transportkosten voor 2000 voor WEB, Norwegen en Zwitserland en 4 nieuwe lidstaten voor 2 afstandsklassen voor bulk transport in euro/tonkm

Aannames:

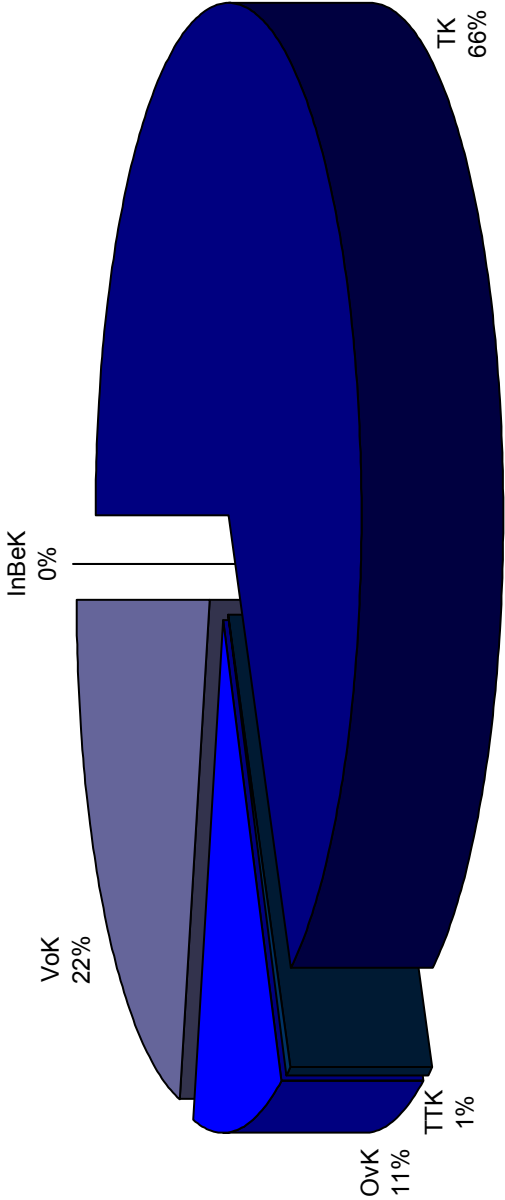
- * kosten worden weergegeven voor verschillende categorieën, buld, cargo en geünitiseerde (containers). Hieronder wordt enkel Bulk weergegeven.
- * verschillende prijzen voor afstand lange afstand (+ 500 km - international) en kort (-500 km - binnen landgrenzen)
- * onderscheid wordt gemaakt tussen grote vrachtwagens (+ 12 ton) en kleine (- 12 ton)
- * data is gebaseerd op tarieven (= wat verladers betalen voor transportdiensten aangeboden door transporteurs)
- * hieronder wordt enkel de data gegeven voor België en bulk

TRANSPORTKOSTEN VOOR BULK TRANSPORT IN EURO/TONKM			TABEL 3
Afstand	modus	België (euro/tonkm)	
kort	vrachtwagen	klein	0,077
		groot	0,104
lang	binnenvaart		0,07
	trein		0,097
	vrachtwagen	klein	0,074
		groot	0,057
	binnenvaart		0,025
	trein		0,05
Bron: Scenes-project, Europese Commissie, 2000			

Multimodaal weg-binnenvaartvervoer

TOTALE LOGISTIEKE KOST		TABEL 1	
Kostencomponent	Waarde (euro)	Link berekening	Percentage
Transportkost	TK	524.000,00	67,12%
Transporttijdkost	TTK	4.111,78	0,53%
Overslagkost	OvK	84.700,00	10,85%
Voorraadkost	VoK	167.868,49	21,50%
Interne bedrijfskost	InBeK	0,00	0,00%
TOTAAL	780.680,27		100,00%

Totale logistieke kost



GOEDERENSTROOM			LIJST 1	
Vraag	Antwoord	Eenheid	Toelichting	
1 1 Welke goederenstroom of stromen worden in scope meegenomen?	Lanklaar - Frankrijk	pallets		
1 1 Welke oorsprong-bestemmingsrelatie?	fabriek - depot Menen - eindgebruiker			
1 1 Welke soort goederen?	bakstenen			
1 1 Welk volume aan goederen?	40000	ton		
1 1 Hoeveel transporten werden uitgevoerd?	36 scheepsvrachten + 1600 natransport vrachtwagen	aantal		
1 1 Wat is het totaal aantal werkelijk afgelegde kilometers?	103.920,00	km	de bedoeling is de max capaciteit te gebruiken van de Z-Willemsvaart (1100 ton) 220 km x 36 vrachten van 1100 ton (van Lanklaar naar Menen) + 1600 natransporten van 60 km van 25 ton	
1 2 Geef een overzicht van het logistieke proces van de goederenstroom in scope.	Vanuit Lanklaar met een binnenschip naar depot Menen en van daaruit naar de werf van de klant in Frankrijk			
1 2 Welke stappen worden doorlopen in het logistieke proces?	transport van A naar B (overslag Menen) en dan naar werf C (fabriek -werf)			
1 2 Wat is de benodigde tijd om deze stappen uit te voeren?	5360	uren	schip laden - varen - schip lossen - stockeren - vrachtwagen laden - rijden - vrachtwagen lossen (varen = 0,027 uur per ton - rijden 0,04 uur per ton natransport (laden schip: 13,5u voor 1100 ton => 0,0123 uur per ton; lossen schip: 16,5u voor 1100 ton =	
1 2 Welke middelen worden ingezet bij deze stappen (zowel personeel, infrastructuur als superstructuur)?	105160	min	administratie 10 min per rit + 10 min per scheepsvracht - Laden vrachtwagen 15 min heftruck per rit (heftruck + man = 50€ /uur) (= > 1 manuur = 30 €) - schip laden en lossen (13,5u x 36) + (16,5u x 36) = 1080u	
1 2 Wat is de modal split?	schip - vrachtwagen			
1 2 Wat zijn de knelpunten?	schadegevallen door extra overslag ongevallen / hoe verder transport hoe groter risico op schade door wrijving/files / milieuvervuiling			
1 2 Wat zijn de toekomstige behoeften?	goedkoper / minder schade			

TRANSPORTKOST				LIJST 2	
	Vraag	Antwoord	Eenheid	Toelichting	
2 1	Verzorgt uw bedrijf het transport zelf of wordt het transport uitbesteed aan derden?				
2 2	Wat is de totale externe transportkost?		euro	varen 4,7 € / ton + natransport 8,4 € per ton	
2 2 1	Wat is de transportkost per kilometer?		euro/km		
2 2 2	Wat is de transportkost per uur?		euro/uur		
2 2 3	Zijn er nog overige externe kosten?	-	euro		
2 3	Wat is de totale interne transportkost?	-	euro		
2 3 1	Wat zijn de personeelskosten?	-	euro		
2 3 2	Wat zijn de energiekosten	-	euro		
2 3 3	Wat zijn de kosten voor materieel?	-	euro		
2 3 4	Wat zijn de onderhoudskosten?	-	euro		
2 3 5	Wat zijn de verzekeringskosten?	-	euro		
2 3 6	Wat is de kost voor de financiering van de investering?	-	euro		
2 3 7	Wat is de kost voor banden?	-	euro		
2 3 8	Wat zijn de overige kosten?	-	euro		
2 4	Indien externe transporteur, wordt deze per uur, per kilometer of per rit betaald?	per rit/ per vaart			

2 5	Totaal aantal werkelijk gepresteerde uren van de transporteur (incl. laden, lossen en wachttijden)?	5360	uren	+/- 36 scheepsvrachten van 30 uur, 2 uur natransport (incl laden en lossen) x 1600 => schip laden - varen - schip lossen - stockeren vrachtwagen laden - rijden - vrachtwagen lossen (varen = 0,027 uur per ton - rijden 0,04 uur per ton natransport (laden
2 6	Opdeling van de werkelijk gepresteerde uren door de transporteur naar activiteit?		uren	

TRANSPORTTIJDKOST			LIJST 3	
	Vraag	Antwoord	Eenheid	Toelichting
3 1	Wat is de jaarlijks getransporteerde waarde?	3.840.000,00	euro	
3 2	Wat is de gemiddelde tijd nodig voor een geladen transport (incl. laden, lossen en wachttijden)?		uren	
3 3	Wat is de kost voor het financieren van de voorraad tijdens het transport (= kapitaalkost)?	6% à 8%	%	begin en midden maand facturatie naar de klant
3 3 1	Wat is de vooropgestelde ROI (return on investment) bij recente investeringsprojecten?		%	
3 3 2	Wat is de rente aangerekend door de bank bij het ontfemen van geld?		%	
3 3 3	Wat is de WACC van uw onderneming (= Weighted Average Cost of Capital)?		%	gemiddeld heeft Vandersanden 2 maanden stock staan (waarde 942,000 € voor 3,250,000 stuks)
3 4	Wat is het risico op fysisch bederf tijdens het transport?	0,1%	%	
3 4 1	Wat is de jaarlijkse waarde van het fysisch bederf te wijten aan het transport?	3840	euro	vraag 3.4 of 3.5 slechts 1 maal in rekening brengen

3 5	Wat is het risico op economisch bederf tijdens het transport?		0,1%	%
3 5 1	Wat is de jaarlijkse waarde van het economisch bederf te wijten aan het transport?		3840	euro
3 5 2	Wat is de economische levensduur van de vervoerde producten?			jaren
3 6	Wat is het risico op schade en verlies tijdens het transport per rit?		0,20%	%
3 6 1	Wat is het jaarlijkse waardeverlies te wijten aan schade tijdens het transport?		7680	euro
3 6 2	Wat is het jaarlijkse waardeverlies te wijten aan verlies tijdens het transport?		0	euro

OVERSLAGKOST			LIJST 4	
	Vraag	Antwoord	Eenheid	Toelichting
4 1	Op welke momenten in de keten gebeurt er overslag?	overslag in depot Menen		
4 1 1	Beschrijf het verpakkingsproces.	automatisch verpakken met houten wegwerppalet + krimphoes		zoals op bedrijf Vandersanden
4 1 2	Beschrijf het interne logistieke proces.	paletten stenen met heftruck per 4 van inpak naar stapelplaats		zoals op bedrijf Vandersanden
4 1 3	Beschrijf de magazijnoperaties (enkel laden en lossen).	laden zo kort mogelijk bij de voorraad op de koer volgens laadbon en volgens wensen van ja		zoals op bedrijf Vandersanden
4 1 4	Wordt er gebruik gemaakt van een multimodale terminal?			
4 2	Wat is de totale overslagkost die betaald wordt aan de externe dienstverlener?	60.000,00	euro	overslagkost + voorraadkost in Menen 2€/pallet => 1,5€/ton x 40000 ton = 60000€ (opmerking: hier zit ook de voorraadkost in die in Menen aangerekend wordt door de externe dienstverlener. De externe dienstverlener in Menen rekent een "all-in" prijs aan =>
4 2 1	Hoeveel overslagbehandelingen per jaar gebeuren er?		aantal	36 keren overslag op 1600 vrachtwagens
4 2 2	Wat is de kost van een overslagbehandeling uitgevoerd door de externe dienstverlener?	36 scheepsvrachten van +/- 1100 ton	euro	per pallet (of 1,5€/ton) (opmerking: hier zit ook de voorraadkost in die in Menen aangerekend wordt door de externe dienstverlener. De externe dienstverlener in Menen rekent een "all-in" prijs aan => een opsplitsing voor de berekening van de voorraadkosten

4	3	Wat is de totale kost voor het verpakken van de goederen?		227500	euro	Palet 2,5€ + hoest 2,5€ (plastiek 2€+ krimpen 0,5€) + personeel 2€ per pak (32500 paletten
4	3	1 Wat is de kost voor het personeel bij het verpakken van de goederen?		65.000,00	euro	
4	3	2 Wat is de kost voor de infrastructuur bij het verpakken van de goederen?		0,00	euro	
4	3	3 Wat is de kost voor het materieel bij het verpakken van de goederen?		0,00	euro	
4	3	4 Wat is de kost voor onderhoud bij het verpakken van de goederen?		0,00	euro	
4	3	5 Wat is de kost van het verpakkingsmateriaal?		5,00	euro	
4	3	6 Wat zijn de energiekosten bij het verpakken van de goederen?		0,50	euro	Zit al in de materiaalkosten onder de vorm van 'krimpen'
4	3	7 Wat is de verzekeringskost voor zowel personeel, infrastructuur en materieel bij het verpakken van de goederen?			euro	
4	3	8 Wat zijn de overige kosten bij het verpakken van de goederen?			euro	
4	4	Wat is de totale kost voor laad en los activiteiten uitgevoerd door de eigen onderneming?		24.700,00	euro	50 € (man + heftruck) x 13,5u x 36 vrachten = 24300€ + 400€ onderhoud
4	4	1 Wat is de kost voor het personeel bij laad en los activiteiten uitgevoerd door de eigen onderneming?		14.580,00	euro	30 €/u (loon) x 13,5u x 36 vaarten = 14580€
4	4	2 Wat is de kost voor de infrastructuur bij laad en los activiteiten uitgevoerd door de eigen onderneming?			euro	
4	4	3 Wat is de kost voor de superstructuur bij laad en los activiteiten uitgevoerd door de eigen onderneming?		9.720,00	euro	20 €/u (heftruck) x 13,5u x 36 vaarten = 9720€
4	4	4 Wat is de kost voor onderhoud bij laad en los activiteiten uitgevoerd door de eigen onderneming?		400,00	euro	om de 100 uren onderhoud (2 man + heftruck = 80€ / per uur) => (2 x 30 €) + 20 € => 36 vaarten per jaar, 13,5 u laden per vaart => 486 uren laden op een jaar => ongeveer 5 maal per jaar onderhoud heftruck (1 uur) => 5u x 80€/u = 400€
4	4	5 Wat zijn de energiekosten bij laad en los activiteiten uitgevoerd door de eigen onderneming?			euro	zitten al in de kosten van de heftruck
4	4	6 Wat is de verzekeringskost voor zowel personeel, infrastructuur en superstructuur bij laad en los activiteiten uitgevoerd door de eigen onderneming?			euro	
4	4	7 Wat zijn de overige kosten bij laad en los activiteiten uitgevoerd door de eigen onderneming?			euro	
4	5	Zijn er nog overige kosten die gepaard gaan met de overslagbehandelingen (bvb. schade, ...)?			euro	

VOORRAADKOST			LIJST 5	
	Vraag	Antwoord	Eenheid	Toelichting
5 1	Wat is de gemiddelde voorraadwaarde?		euro	zie 3,3,3 => 942.000€ voor 2 maanden
5 1 1	Wat is de totale jaarlijkse omzet?		euro	
5 1 2	Hoeveel dagen liggen de goederen gemiddeld op voorraad?		dagen	
5 2	Wat is de kost voor het financieren van de voorraad tijdens opslag (= kapitaalkost)?	6% à 8%	%	
5 2 1	Wat is de vooropgestelde ROI (return on investment) bij recente investeringsprojecten?		%	
5 2 2	Wat is de rente aangerekend door de bank bij het ontfemen van geld?		%	
5 2 3	Wat is de WACC van uw onderneming (= Weighted Average Cost of Capital)?		%	
5 3	Wat is de jaarlijkse magazijnkost als percentage van de gemiddelde jaarlijkse voorraadwaarde?		%	
5 3 1	Wat is de totale jaarlijkse magazijnkost?		euro	40,000 ton is 9 % van het totale behandelde volume. Op jaarbasis werken 13 mensen in magazijn met heftruck = 13 x 160 uren per maand x 50€ per uur x 12 maanden x 9% => De externe dienstverlener in Menen rekent een "all-in" prijs aan voor overslag en voor

5 4	Wat is het risico op fysisch bederf tijdens opslag?		0%	%	
5 4 1	Wat is de jaarlijkse waarde van het fysisch bederf te wijten aan opslag?		0	euro	
5 5	Wat is het risico op economisch bederf tijdens opslag?		0%	%	
5 5 1	Wat is de jaarlijkse waarde van het economisch bederf te wijten aan opslag?		0	euro	
5 5 2	Wat is de economische levensduur van de vervoerde producten?			jaren	
5 6	Wat is het risico op schade en verlies tijdens opslag?		0,60%	%	(heftruck kan soms pakken beschadigen)
5 6 1	Wat is het jaarlijkse waardeverlies te wijten aan opslag?		5.652,00	euro	942.000 x 0,1% => waardeverlies voor 2 maanden => nog x 6 voor 1 jaar
5 6 2	Wat is het jaarlijkse waardeverlies te wijten aan verlies tijdens opslag?		0	euro	

INTERNE BEDRIJFSKOST			LIJST 6	
Vraag	Antwoord	Eenheid	Toelichting	
6 1 Welke interne bedrijfsprocessen maken deel uit van het logistieke proces?	automatisch		2 x maand van alle orders die geladen zijn, wordt een factuur afgedrukt	
6 1 1 Hoe gebeurt de facturatie?				
6 1 2 Hoe gebeurt het bestellen?	telefoon / fax / e-mail			
6 1 3 Hoe gebeurt het voorraadbeheer?	Computersysteem AS/400			
6 1 4 Hoe gebeurt het plannen van het transport?	AS/400 rittenschema			
6 1 5 Hoe gebeurt de opvolging van het transport?			veel geautomatiseerd (barcoding)	
6 2 Wat is de totale kost verbonden aan de interne bedrijfsprocessen?		euro		
6 2 1 Wat is de personeelskost (incl. management)?		euro		
6 2 2 Wat is de kost voor infrastructuur?		euro		
6 2 3 Wat is de kost voor ICT?		euro		
6 2 4 Wat is de kost voor kantooormateriaal?		euro		
6 2 5 Wat is de kost voor onderhoud?		euro		
6 2 6 Wat is de kost voor energie?		euro		
6 2 7 Wat is de kost voor verzekering?		euro		
6 2 8 Wat is de kost voor financiering?		euro		
6 2 9 Zijn er nog andere kosten?		euro		

TRANSPORTKOST

COMPONENTEN TRANSPORTKOST				TABEL 2
Data	Eenheid	Omschrijving	Waarde (euro)	
<i>Kosten externe dienstverleners</i>				
Transportkosten	euro		524.000,00	524.000,00
Transportkost per km	euro/km			
Aantal kilometers	km		103.920,00	
Transportkost per uur	euro/uur			
Aantal uren	uur			
Overige	euro			
<i>Kosten eigen onderneming</i>				
Transportkosten	euro			0,00
Personeel	euro			
Energie	euro			
Materieel	euro			
Onderhoud	euro			
Verzekering	euro			
Financiering	euro			
Banden	euro			
Overige	euro			
			TOTAAL	524.000,00

TRANSPORTTIJDKOST

COMPONENTEN TRANSPORTTIJDKOST				TABEL 3
Data	Eenheid	Omschrijving	Waarde	
Transporttijskost	euro			0,00
Waardering tijd (%)	%			6,3%
Kapitaalkost	%		6,00%	
Fysische bederfbaarheid	%		0,10%	
Waarde fysisch bederf te wijten aan transport	euro		3.840,00	
Economische bederfbaarheid	%		0,00%	
Waarde economisch bederf te wijten aan transport	euro			
Economische levensduur	jaar			
Risico (schade of verlies)	%		0,20%	
Waarde schade en verlies te wijten aan transport	euro		7.680,00	
Gemiddelde tijd per geladen transport (jaar)	jaar			0,01700
Totale transporttijd (geladen)	jaar		0,61	
Aantal transporten	aantal		36	
Jaarlijks getransporteerde waarde	euro/jaar		3.840.000,00	3.840.000,00
Aantal getransporteerde units per jaar	aantal			
Gemiddelde waarde per unit	euro			
			TOTAAL	4.111,78

OVERSLAGKOST

COMPONENTEN OVERSLAGKOST				TABEL 4
Data	Eenheid	Omschrijving	Waarde	
Kosten externe dienstverleners				
Overslagkost	euro		60.000,00	60.000,00
Kost per overslagbehandeling	euro			
Aantal overslagbehandelingen	aantal			
Kosten eigen onderneming				
Overslagkost	euro			24.700,00
Berekening obv kost per behandeling				
Kost per overslagbehandeling	euro			
Aantal overslagbehandelingen	aantal			
Berekening obv kostencomponenten				
Personeel	euro		14.580,00	
Infrastructuur	euro			
Superstructuur	euro		9.720,00	
Onderhoud	euro		400,00	
Energie	euro			
Verzekering	euro			
Financiering	euro			
Overige	euro			
TOTAAL			84.700,00	

VOORRAADKOST

COMPONENTEN VOORRAADKOST				TABEL 5
Data	Eenheid	Omschrijving	Waarde	
Voorraadkost	euro			0,00
Waardering voorraad (%)	%			19,9%
Kapitaalkost	%			
Magazijnkost	%		6,0%	
Totale jaarlijkse magazijnkost	euro		112.320,00	
Fysische bederfbaarheid	%		0,0%	
Waarde fysisch bederf te wijten aan opslag	euro		0	
Economische bederfbaarheid	%		0,0%	
Waarde economisch bederf te wijten aan opslag	euro		0,00	
Economische levensduur	jaar			
Risicofactor (schade of verlies)	%		0,6%	
Waarde schade en verlies te wijten aan opslag	euro		5.652,00	
Gemiddelde jaarlijkse voorraadwaarde	euro			841.643,84
Totale jaarlijkse omzet	euro		5.120.000,00	
Gemiddeld aantal dagen voorraad	dag		60	
			TOTAAL	167.868,49

INTERNE BEDRIJFSKOST

COMPONENTEN INTERNE BEDRIJFSKOST				TABEL 6
Data	Eenheid	Omschrijving	Waarde	
Interne bedrijfskosten	euro			0,00
Personeel	euro			
Infrastructuur	euro			
ICT	euro			
Kantoomateriaal	euro			
Onderhoud	euro			
Energie	euro			
Verzekering	euro			
Financiering	euro			
Overige	euro			
			TOTAAL	0,00

Kwaliteitsattributen

Factor	Omschrijving	Gewicht (#)	Gewicht (%)	Gewicht finaal	Huidig proces	Alternatief 1
TLK	De totale logistieke kost exclusief de kost voor kwaliteitsattributen.		20%	20%	8	7
Betrouwbaarheid	De mate waarin men kan verzekeren op vooropgestelde tijd ter bestemming te zijn.		5%	5%	8	7
Frequentie	Regelmaat van de aangeboden dienstverlening		5%	5%	9	9
Flexibiliteit	Het gemak om zich aan te passen aan de veranderende wensen van de klant of aan de veranderende omgevingsfactoren.		15%	15%	9	7
Capaciteit	De (netwerk) capaciteit die nog voor handen is voor de beschouwde vervoermodus		2%	2%	5	5
Netwerkdichtheid	De aanwezigheid van voldoende (alternatieve) links		2%	2%	4	4
Veiligheid	Vermijden van schade, kwaliteitsvermindering van de vracht.		20%	20%	4	7
Impact	De controle die men als verlader heeft op de vervoerstromen.		5%	5%	4	4
Imago	Maatschappelijk bedrijfsimago op het vlak van onder andere milieu en veiligheid		5%	5%	3	8
Tracking en tracing	Elektronische informatiestroom voor de opvolging van de verzending		1%	1%	5	5
Regelgeving en wetgeving	Geheel van regels en verplichtingen voor de vervoermodus		0%	0%		
Strategische elementen	Overwegingen van strategische aard		20%	20%	2	8
Extra			0%	0%		
		0	100%	100%	5,58	7,08

Bijlage 20: Excel-bestand uitbreiding voorraadmodellen

VOORRAADPOLITIEK		Huidige voorraadpolitiek		
	Vraag	Antwoord	Eenheid	Toelichting
	Komt een nieuwe levering of een nieuwe lading afgewerkte producten pas binnen op het moment dat de voorraad uitgeput is?	niet altijd, soms wel		
	Worden geplande tekorten toegestaan?	ja		
	Is er sprake van hoeveelheidskortingen bij de aankoop van de voorraad?	ja		
	Doet er zich een constante daling van de voorraad voor, m.a.w. is er per periode een constante vraag?	ja		
	Wordt de voorraad elke keer met dezelfde hoeveelheid opnieuw aangevuld?	nee		De klanten krijgen hoeveelheidskortingen, maar dat wordt geval per geval bekeken volgens bouwconjectuur
	Is er sprake van een gekende constante vraag per tijdseenheid?	min of meer		
	Is er sprake van een vaste bestelhoeveelheid Q per bestelling?	nee		
	Arriveert de voorraadaanvulling in één keer, meer bepaald op het moment dat de voorraad uitgeput is?	nee		
	Zijn geplande tekorten toegestaan?	soms		
	Wordt er gebruik gemaakt van een veiligheidsvoorraad?	nee		

	Wordt er een planning opgesteld wat betreft de aankopen of de productie voor een bepaald aantal toekomstige periodes?	ja		historische verkoop gegevens per artikel (bv gem verkoop per maand) Vraag is lager agv weersfactoren (vb langdurig winterweer of vriesweer) en agv verlofperiodes kersverlof en bouwverlof in juli-aug)
	Is de vraag gedurende elk van deze toekomstige periodes gekend?	ongeveer		
	Indien ja op vorige vraag, is de vraag verschillend van periode tot periode?	ja		
	Is er beginvoorraad?	ja		
	Is er onzekerheid met betrekking tot de toekomstige vraag?	ja		
	Wordt het voorraadbeleid toegepast per product of op meerdere producten tegelijkertijd?	meerdere producten		
	Staat het voorraadhiveau onder continue controle zodat de huidige waarde steeds bekend is?	ja		
	Is er een bepaalde voorraadhoeveelheid bepaald waarbij er opnieuw besteld moet worden?	ja		
	Is er een hoeveelheid bepaald die elke keer opnieuw besteld wordt?	ongeveer		

Is er een tijdsperiode tussen het moment dat het order geplaatst wordt en het moment waarop de bestelde hoeveelheid ontvangen wordt?	ja		
Is de vraag gedurende de tijdsperiode uit de vorige vraag onzeker?	ja		
Is de kansverdeling van de vraag gekend of is er ten minste een schatting gemaakt van de vraag?	ja		
Wanneer een voorraadbreek zich voordoet vooraleer de levering van de voorraadaanvulling ontvangen werd, wordt de overblijvende vraag dan uitgesteld, zodat aan deze bestellingen voldaan kan worden van zodra er een nieuwe levering binnen komt?	is mogelijk		
Is er sprake van een vaste kost bij elk order dat geplaatst wordt of bij elke nieuwe start van de productie?	nee		
Met uitzondering van de vaste kost waarvan sprake was in de vorige vraag, zijn de kosten van de bestelling evenredig met de bestelde hoeveelheid?	ja		
Is er een bepaalde kost voor het aanhouden van voorraad voor elke eenheid die gedurende een bepaalde tijdsperiode in voorraad wordt gehouden?	nee		
Wordt er een tekortkost aangerekend voor elke eenheid waarvan de levering moet worden uitgesteld totdat de voorraad opnieuw aangevuld is wanneer er zich een voorraadbreek voordoet?	nee		
Wordt er een serviceniveau bepaald? En zo ja, hoe wordt dat bepaald?	nee		Het serviceniveau is de door het management gewenste kans dat er zich geen voorraadbreek zal voordoen in de periode tussen het plaatsen van het order en de ontvangst ervan. (Hillier en Lieberman, 2005)

VOORRAADPOLITIEK Deterministic continuous-review model: EOQ model			
Vraag	Antwoord	Eenheid	Toelichting
Hoeveel eenheden worden er per jaar (of per periode) uit de voorraad gehaald?	19.500.000	stuks per jaar	
Hoeveel eenheden worden er per keer besteld of geproduceerd?	4.875.000	eenh	
Hoeveel bedragen de kosten voor het plaatsen van een bestelling of het opstarten van de productie?	3.000	€	
Wat zijn de kosten per eenheid voor het produceren of aankopen van elke eenheid?	0,1969	€/eenh	
Wat is de kost om één eenheid in voorraad te houden gedurende één jaar?	0,01	€/eenh	
	8,00	Weken	Onder lead time wordt verstaan de tijd tussen een order en de levering van het order. Of in het geval het gaat om een producerende onderneming: de tijd tussen de start van de productie en het leveren van de afgewerkte producten.
Wat is de lead time in uw bedrijf voor het betreffende product?	0,154	jaar	

ECONOMIC ORDER QUANTITY MODEL		
	Waarde	Eenheid
Productie- of bestelkost per cyclus	962.887,50	€
Gemiddelde voorraadniveau gedurende deze cyclus	2.437.500	eenh
Voorraadkost per tijdseenheid	24.375,00	€
Lengte van de cyclus	0,25	jaar
Voorraadkost gedurende de cyclus	6.093,75	€
Totale kost per cyclus	968.981,25	€
Totale kost per tijdseenheid	3.875.925,00	€/jaar
Bestelpunt		
Optimale hoeveelheid	3.000.000	eenh
Optimale cyclustijd	3.420.526	eenh
Totale variabele kost	0,18	jaar
	34.205,26	34.205,26 €
Aantal bestellingen per jaar	6	

VOORRAADPOLITIEK Deterministic periodic-review models			
Vraag	Antwoord	Eenheid	Toelichting
Hoeveel periodes worden er in het model in rekening gebracht?	1	jaar	
Wat is de vraag gedurende deze verschillende periodes? (bij onderstaande periodes kunnen periodes toegevoegd of weggelaten worden afhankelijk van de situatie in uw bedrijf)	19.500.000	eenh	
periode 1	4.875.000	eenh	telkens 1/4 per kwartaal
periode 2	4.875.000	eenh	
periode 3	4.875.000	eenh	
periode 4	4.875.000	eenh	
Hoeveel bedragen de kosten voor het plaatsen van een bestelling of het opstarten van de productie om de voorraad aan te vullen aan het begin van een periode?	3.000	€	
Wat zijn de kosten per eenheid voor het produceren of aankopen van elke eenheid?	0,1969	€/eenh	
Wat is de voorraadkost voor elke eenheid die nog in voorraad is aan het einde van een periode?	0,01	€/eenh	

DETERMINISTIC PERIODIC REVIEW MODEL					
		Eenheid		Waarde	Eenheid
Vraag gedurende periode 1	4.875.000	eenh			
Vraag gedurende periode 2	4.875.000	eenh			
Vraag gedurende periode 3	4.875.000	eenh			
Vraag gedurende periode 4	4.875.000	eenh			
C ₅	0,00		C ₅ =	0,00	€
C ₄	3.000,00		C ₄ =	3.000,00	€
C ₃ ⁽³⁾	6.000,00		C ₃ =	6.000,00	€
C ₃ ⁽⁴⁾	51.750,00				
C ₂ ⁽²⁾	9.000,00		C ₂ =	9.000,00	€
C ₂ ⁽³⁾	54.750,00				
C ₂ ⁽⁴⁾	149.250,00				
C ₁ ⁽¹⁾	12.000,00		C ₁ =	12.000,00	€
C ₁ ⁽²⁾	57.750,00				
C ₁ ⁽³⁾	152.250,00				
C ₁ ⁽⁴⁾	295.500,00				

VOORRAADPOLITIEK Stochastic continuous-review model			
Vraag	Antwoord	Eenheid	Toelichting
Wat is de tekortkost per eenheid per jaar wanneer er zich een tekort voordoet?		€/eenh	geen idee
Hooveel eenheden worden er per keer aan de voorraad toegevoegd?	4.875.000	eenh	we produceren de jaarvraag in +/- 4 keer
Hooveel is het voorraadniveau net nadat een nieuwe batch aan de voorraad toegevoegd werd?	4.875.000	eenh	
Hooveel bedragen de kosten voor het plaatsen van een bestelling of het opstarten van de productie om de voorraad aan te vullen aan het begin van een periode?	3.000,00	€	per opstart 5000 stenen uitval (5000 x 4 x 0,15)
Wat zijn de kosten per eenheid voor het produceren of aankopen van elke eenheid?	0,1969	€/eenh	
Wat is de kost voor elke eenheid die nog in voorraad is aan het einde van een periode?	0,01	€/eenh	
Hooveel bedraagt de gemiddelde vraag per tijdseenheid?	19.500.000,00	eenh/jaar	
Wat is de lead time in uw bedrijf voor het betreffende product?		2 maanden	Onder lead time wordt verstaan de tijd tussen een order en de levering van het order. Of in het geval het gaat om een producerende onderneming: de tijd tussen de start van de productie en het leveren van de afgewerkte producten.
Gelieve ook de vragen in werkblad "Serviceniveau" in te vullen.			

STOCHASTIC CONTINUOUS REVIEW MODEL		Waarde	Eenheid
Productie- of bestelkost per cyclus		962.887,50	€
Periode waarin voorraadniveau positief is		0,25	jaar
Gemiddelde voorraadniveau		2.437.500	eenh
Gemiddelde voorraadkost per tijdseenheid		24.375,00	€
Voorraadkosten per cyclus		6.093,75	€/jaar
Periode met tekorten		0,00	jaar
Gemiddeld aantal tekorten gedurende deze tijdsperiode		0	eenh
Tekortkost per cyclus		0,00	€
Totale kost per cyclus		968.981,25	€
Totale kost per tijdseenheid		3.875.925,00	€/jaar
Optimale voorraadniveau net nadat een nieuwe batch aan de voorraad toegevoegd werd		0,00	eenh
Optimaal aantal eenheden die per keer aan de voorraad worden toegevoegd		#DEEL/0!	eenh
Optimale cyclustlengte		#DEEL/0!	jaar
Maximale tekort		#DEEL/0!	eenh

SERVICENIVEAU		Vraag	Antwoord	Eenheid	Toelichting
		Wordt er in uw bedrijf een serviceniveau bepaald?	nee		Het serviceniveau is de door het management gewenste kans dat er zich geen voorraadbreek zal voordoen in de periode tussen het plaatsen van het order en de ontvangst ervan. (Hillier en Lieberman, 2005)
		Indien u ja antwoordde op de vorige vraag, hoe wordt dit dan bepaald?			
		Hoeveel bedraagt het serviceniveau op dit moment?			
		Naar welk serviceniveau wordt er gestreefd?			geen levertermijnen
		Indien u nee antwoordde op de eerste vraag, hoe zou u dit dan het beste kunnen bepalen? (eventueel kan u een keuze maken uit onderstaande mogelijkheden)			enquetes bij klanten
		<i>De kans dat er zich geen tekort voordoet tussen het plaatsen van het order en de levering van de bestelde goederen.</i>	85 %		
		<i>Het gemiddelde aantal tekorten per jaar.</i>	15 keer		
		<i>Het gemiddelde percentage van de jaarlijkse vraag waaraan onmiddellijk voldaan kan worden (geen tekorten).</i>	85 %		
		<i>De gemiddelde tijd die nodig is om backorders op te vullen wanneer een voorraadbreek zich voordoet.</i>	3 weken		
		<i>De totale gemiddelde tijd die nodig is om orders op te vullen (waarbij de benodigde tijd zonder een voorraadbreek gelijk is aan nul).</i>	10 weken		

Auteursrechterlijke overeenkomst

Opdat de Universiteit Hasselt uw eindverhandeling wereldwijd kan reproduceren, vertalen en distribueren is uw akkoord voor deze overeenkomst noodzakelijk. Gelieve de tijd te nemen om deze overeenkomst door te nemen, de gevraagde informatie in te vullen (en de overeenkomst te ondertekenen en af te geven).

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:

Totale logistieke kosten in multimodaal goederenvervoer : uitwerking en validatie van een beslissingsondersteunend model

Richting: **Handelsingenieur**

Jaar: **2007**

in alle mogelijke mediaformaten, - bestaande en in de toekomst te ontwikkelen - , aan de Universiteit Hasselt.

Niet tegenstaand deze toekenning van het auteursrecht aan de Universiteit Hasselt behoud ik als auteur het recht om de eindverhandeling, - in zijn geheel of gedeeltelijk -, vrij te reproduceren, (her)publiceren of distribueren zonder de toelating te moeten verkrijgen van de Universiteit Hasselt.

Ik bevestig dat de eindverhandeling mijn origineel werk is, en dat ik het recht heb om de rechten te verlenen die in deze overeenkomst worden beschreven. Ik verklaar tevens dat de eindverhandeling, naar mijn weten, het auteursrecht van anderen niet overtreedt.

Ik verklaar tevens dat ik voor het materiaal in de eindverhandeling dat beschermd wordt door het auteursrecht, de nodige toelatingen heb verkregen zodat ik deze ook aan de Universiteit Hasselt kan overdragen en dat dit duidelijk in de tekst en inhoud van de eindverhandeling werd genotificeerd.

Universiteit Hasselt zal mij als auteur(s) van de eindverhandeling identificeren en zal geen wijzigingen aanbrengen aan de eindverhandeling, uitgezonderd deze toegelaten door deze overeenkomst.

Ik ga akkoord,

Leen RIBUS

Datum: **30.05.2007**