

## Summary (in Dutch)

Het bedrijf Escher maakt deel uit van de gas en olie industrie. Escher levert olie en gas behandelingsystemen en flare systemen. Deze systemen moeten worden vervoerd, maar door de afmetingen en gewichten hiervan is meestal special vervoer nodig. Escher heeft te weinig kennis van het transporteren van de producten. Dit is een nadeel tijdens contract onderhandelingen, omdat onvoorziene omstandigheden kunnen ontstaan tijdens het uitvoeren van het project. Daarom is het onderzoeksdoel om meer inzicht te krijgen in de effecten van product transport tijdens contract onderhandelingen. Hiervoor moet onderzoek gedaan worden naar de range van de product afmetingen en gewichten van oude Escher projecten. Verder moet gekeken worden naar welke factoren een rol spelen bij het vervoeren van Eschers producten. Ook moet onderzocht worden wat de invloed is van de transport factoren op de transport effecten. Tevens is de vraag hoe het optimum bereikt wordt tussen de transport effecten. Daarvoor is een optimalisatie techniek nodig om dit te realiseren. Met daarbij de vraag hoe het optimum gepresenteerd moet worden aan de gebruiker.

Om te beginnen is onderzoek gedaan naar de oude projecten van Escher om te vinden wat the range is van de product afmetingen en gewichten. Vervolgens is een black box model gemaakt om goed inzicht te krijgen in de factoren die het product transport beïnvloeden. Daarin zijn de transport kosten een belangrijke factor van de black box model. Daarvoor is een literatuur studie gedaan om te vinden welke optimalisatie modellen er zijn voor transport kosten met daarbij multimodaal transport. Van de gevonden modellen is het model van Kim gekozen met behulp van een multi criteria analyse. Dit model wordt gebruikt als uitgangspunt waarbij deze wordt aangepast naar een nieuw model. Het nieuwe model berekent de goedkoopste route(s) voor de vooraf bepaalde 21 opties. Deze opties zijn gemaakt met verschillende combinaties van weg, spoor en water transport. Het model is geprogrammeerd en gebruikt de volgende invoer mogelijkheden: startpunt, eindpunt, Incoterm (contract afspraken met de klant), product afmetingen en gewichten. Met de product afmetingen en gewichten zijn de kranen en voertuigen geselecteerd. Het minimaal benodigde aantal voertuigen is bepaald met een algoritme, welke de producten plaatst op de voertuigen. Daarbij wordt gekeken naar de mogelijkheid om meerdere producten op een voertuig te plaatsen, zodat minder voertuigen nodig zijn. Als eerste invoer voor het programma is een voertuig ingevoerd voor elke modaliteit. Daarbij is het voertuig eerst geselecteerd op het laagst benodigde aantal en vervolgens op het kleinste voertuig. De gebruiker kan indien gewenst deze eerst invoer aanpassen. Het programma wordt vervolgt met het berekenen van de goedkoopste 21 opties met behulp van het Sluimer algoritme. Het Sluimer algoritme heeft als doel om het goedkoopste knooppunt te vinden van het beginpunt (herhaald voor  $n = 1, 2, \dots$  totdat de  $n^{\text{th}}$  goedkoopste knooppunt is het eindpunt en de complete optie is gebruikt. Het resultaat is de goedkoopste route(s) met de berekende transport tijd, de benodigde voertuigen tussen de punten en de kranen met de bijbehorende locaties. Het programma is geverifieerd en gevalideerd met behulp van een test case, test runs en een echte case.

Het onderzoeksdoel is bereikt. Daarvoor geven oude projecten van Escher meer inzicht in de range van de product afmetingen en gewichten en gebruikte transport modaliteiten. Verder geeft een black box model beter inzicht in welke factoren invloed hebben op product transport. Ook is een beslissingsondersteunend programma gemaakt voor de gebruiker om meer inzicht te geven in mogelijke transport opties. Daarvoor is het de model van Kim gebruikt en aangepast. De aanpassing houdt in dat de minimum cost flow problem niet gebruikt is, maar een variant daarvan, genaamd het Dijkstra algoritme. De reden is dat Escher alle producten van het beginpunt naar het eindpunt moet vervoeren. Daarvoor zijn meerdere begin- en eindpunten en gelimiteerde verbindingen niet nodig. Verder is de genetic algoritme heuristic methode verwijderd van de Kim model. Dit algoritme verlaagt de rekentijd van het probleem, maar met het vervoer van maximum van 5 producten tegelijkertijd is dit niet nodig. Daarnaast heeft het model een nadeel dat het bijna optimale oplossingen vind. In het beslissingsondersteunend programma zijn niet alle transport factoren ingevoerd. De volgende factoren zijn inbegrepen, welke invloed hebben op de transportkosten en transporttijd: het begin- en eindpunt, product afmetingen en gewichten, het aantal voertuigen, Incoterms en de maximale transporttijd.

Een verificatie van het programma is gedaan met een test case. Daarbij zijn de resultaten van hand- en programma berekeningen vergeleken met elkaar. De resultaten zijn gelijk, deze laten zien dat het programma werkt. Ook is de werking van het programma getest met verschillende invoer data inclusief verkeerde invoer. Daarvan kan de conclusie worden getrokken dat het programma goed werkt, omdat alle invoer goed wordt verwerkt.

Na de verificatie is het programma gevalideerd. Daarbij is het programma resultaat vergeleken met het resultaat van een echt project. Daarbij zijn de resultaten bijna gelijk, wat aangeeft dat Escher het programma kan gebruiken. Verder kan het programma gebruikt worden voor het snel berekenen van alternatieven wanneer er transport problemen zijn. Deze problemen kunnen voorkomen met de verbindingen tussen de locaties en de afmetingen en gewicht van de producten. Ook kan het programma worden gebruikt als een richtlijn tijdens het ontwerpen. Tevens kan het programma transport routes berekenen met meer dan vier knooppunten, maar daarvoor dient het programma meerdere keren gedraaid te worden. Voor Escher is het belangrijk om de databases up-to-date te houden en nieuwe verbindingen, voertuigen en kranen toe te voegen.