

Oude Waalsdorperweg 63
2597 AK Den Haag
Postbus 96864
2509 JG Den Haag

www.tno.nl

T +31 88 866 10 00
F +31 70 328 09 61

TNO-rapport

Samenvatting analyse van de planningsvraagstukken van DJI DV&O

Datum	19 augustus 2021
Auteur(s)	A.A.F. Bloemen, S.A. van Merriënboer, F. Phillipson, N.P. van Elst
Exemplaarnummer	<copy no>
Oplage	<no.of copies>
Aantal pagina's	20
Aantal bijlagen	-
Opdrachtgever	DJI DV&O
Projectnaam	Kennisopbouw DJI DV&O
Projectnummer	060.49103

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2021 TNO

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
1.1	Context	3
1.2	Problematiek	3
1.3	Inhoud	3
2	Personenvervoer	4
2.1	Karakteristieken personenvervoer.....	4
2.2	Automatische planbaarheid en wiskundige oplosbaarheid personenvervoer.....	6
3	Vrachtervervoer	8
3.1	Karakteristieken vrachtervervoer.....	8
3.2	Automatische planbaarheid en wiskundige oplosbaarheid vrachtervervoer.....	10
4	Beveiliging	11
4.1	Karakteristieken planning van beveiliging.....	11
4.2	Automatische planbaarheid en wiskundige oplosbaarheid beveiliging	13
5	Specialistische taken	15
5.1	Karakteristieken planning specialistisch taken.....	15
5.2	Automatische planbaarheid en wiskundige oplosbaarheid specialistische taken....	17
6	Overkoepelende analyse van de planningsvraagstukken	19

1 Inleiding

1.1 Context

De Dienst Vervoer en Ondersteuning (DV&O) is een landelijke dienst van de Dienst Justitiële Inrichtingen (DJI) en levert een breed palet aan verschillende diensten. Er worden vier categorieën diensten onderscheiden:

1. Personenvervoer
2. Vrachtwervoer
3. Beveiliging
4. Specialistische taken

De absolute omvang van de DV&O dienstverlening is groot. In 2019 kwamen bij DV&O bijvoorbeeld meer dan 200.000 aanvragen binnen voor vervoer en is meer dan 600.000 uren ingezet op beveiliging.

1.2 Problematiek

DV&O wil alle dienstverlening automatisch kunnen plannen.

1.3 Inhoud

In dit rapport wordt onderzocht in hoeverre het mogelijk is bovenstaande vier categorieën diensten automatisch te plannen. Hiertoe worden de karakteristieken van deze vier planningsproblemen geanalyseerd, net als de wiskundige oplosbaarheid en eventueel geschikte methoden om automatisch te plannen.

Personenvervoer wordt geanalyseerd in hoofdstuk 2, gevolgd door vrachtwervoer in hoofdstuk 3. De analyse van beveiliging wordt beschreven in hoofdstuk 4, en de analyse van specialistische taken in hoofdstuk 5. In hoofdstuk 6 wordt geanalyseerd of de vier planningsvraagstukken door één generiek planningstool kunnen worden opgelost, of dat één overkoepelend planningstool nodig is met een aantal modules, waarbij elke module een (of enkele) van de vier planningsvraagstukken kan oplossen. Deze laatste optie is uit planning-technisch oogpunt gelijk aan het gebruik van een aantal aparte planningstools voor de vier planningsvraagstukken.

2 Personenvervoer

Dit hoofdstuk beschrijft de wiskundige analyse van de planning van personenvervoer van DJI DV&O. Paragraaf 2.1 gaat in op de karakteristieken van personenvervoer. Paragraaf 2.2 gaat in op de automatische planbaarheid en wiskundige oplosbaarheid van personenvervoer.

Uitgangspunt voor het maken van een planning van een dienst van ongeveer 9 uren, is dat bekend is welke voertuigen en medewerkers toegewezen zijn aan die dienst.

2.1 Karakteristieken personenvervoer

In deze paragraaf worden de karakteristieken van het personenvervoer beschreven.

Drie planningsvraagstukken in een

De planning van personenvervoer houdt in dat de volgende drie planningsvraagstukken, die onderling afhankelijk zijn, opgelost moeten worden.

1. Toewijzing van medewerkers aan voertuigen
2. Toewijzing van opdrachten (te vervoeren personen) aan voertuigen, en het toewijzen van elke persoon aan een compartiment van het voertuig
3. Rittenplanning: per voertuig bepalen in welke volgorde locaties worden bezocht om personen op te halen en af te zetten, inclusief het bepalen van aankomst- en vertrektijden per locatie.

De planningsvraagstukken zijn onderling afhankelijk: de combinatie van de eigenschappen van een voertuig, en de opleiding/skills van de medewerkers toegewezen aan het voertuig, bepalen of een persoon mag worden vervoerd door de combinatie van voertuig en medewerkers. Pas tijdens de rittenplanning wordt duidelijk of de opdrachten die zijn toegewezen aan een voertuig, daadwerkelijk uitgevoerd kunnen worden door het voertuig. Omdat de drie planningsvraagstukken onderling afhankelijk zijn, is het maken van een goede / optimale planning ingewikkeld.

Planning met behulp van overslagpunten

Een ander aspect dat de complexiteit van het plannen van personenvervoer verder kan verhogen is de mogelijke wens van DJI DV&O om in de toekomst te kunnen werken met overslagpunten. Dit betekent dat sommige transporten niet rechtstreeks (van laadplaats naar eindbestemming) moeten worden uitgevoerd, maar dat een aantal mensen wordt opgehaald en vervolgens op een overslagpunt wordt afgezet. Vanaf het overslagpunt worden zij dan naar hun eindbestemming gebracht. Dat kan in verschillende ritten en met verschillende voertuigen op verschillende tijdstippen worden uitgevoerd.

Dynamisch planningsvraagstuk

Bij personenvervoer treden er veel wijzigingen op in de opdrachten voor een bepaalde dienst, ook op de dag voor de dienst (dag -1) en op de dag zelf (dag 0). Op dag 0 betreft het ongeveer 30% van de opdrachten, dit betreft zowel annuleringen en wijzigingen van bestaande opdrachten als nieuwe opdrachten. Voor het automatisch plannen van personenvervoer is het rekening houden met extra opdrachten waarvan het aantal, de tijdstippen en locaties onzeker zijn, een extra complicatie.

Veel voorwaarden waaraan een planning moet voldoen

Er zijn veel voorwaarden waaraan een planning moet voldoen.

1. Eisen gebaseerd op type en kenmerken te vervoeren persoon

Het type en kenmerken van de te vervoeren persoon heeft invloed op de eisen die aan het voertuig worden gesteld, en op de eisen die aan de begeleidende medewerkers op het voertuig worden gesteld. Ook kan het betekenen dat de persoon alleen moet zijn in een compartiment van het voertuig, of alleen in het voertuig.

2. Ophaal- en aflevertijden en locaties

Een persoon moet binnen een bepaald tijdsvenster opgehaald worden op de ophaallocatie, en binnen een bepaald tijdsvenster afgeleverd worden op afleverlocatie.

3. Combineerbaarheid van personen in een voertuig

Bepaalde personen mogen niet samen in hetzelfde compartiment van een voertuig, of in hetzelfde voertuig vervoerd worden.

4. Omrijdtijd

De omrijdtijd van een persoon is de geplande tijdsduur dat een persoon in een voertuig zit tussen ophaal- en afleverlocatie (inclusief eventueel omrijden via andere locaties), verminderd met de tijdsduur overeenkomend met een rechtstreekse rit tussen ophaal- en afleverlocatie. Deze (geplande) omrijdtijd mag niet hoger zijn dan een bepaald maximum.

*5. Medewerkers toegewezen aan zelfde voertuig moeten dezelfde starttijd van hun dienst hebben; er moeten minstens twee medewerkers worden toegewezen aan een voertuig.**6. De werktijden van medewerkers moeten voldoen aan de arbeidstijdenwet en zoveel mogelijk aansluiten op de normroosters, eventueel overwerk van een medewerker mag een bepaald maximum niet overschrijden.**7. Overslagpunten*

De planningstool zal in de toekomst moeten kunnen plannen met overslagpunten waarbij personen kunnen overstappen naar een ander voertuig.

Groot aantal opdrachten per dag

Het gemiddeld aantal opdrachten per dag is groot, ongeveer 800 tot 900.

Alle opdrachten uitvoeren, overschrijden voorwaarden

Het is belangrijk dat alle opdrachten uitgevoerd worden. In situaties waarin het niet mogelijk is om alle opdrachten uit te voeren rekening houdend met alle voorwaarden, wordt het toegestaan om bepaalde zachte voorwaarden in beperkte mate te overschrijden om alsnog meer of alle opdrachten uit te kunnen voeren.

Verschillende optimalisatiecriteria / KPI's

Er zijn verschillende criteria of KPI's die meegenomen moeten worden bij het maken van een zo goed mogelijke, bij voorkeur optimale, planning.

1. Maximaliseren van het aantal uitgevoerde opdrachten
2. Minimaliseren van de voertuigkosten
3. Minimaliseren van de medewerkerskosten
4. Minimaliseren omrijdtijd
5. Minimaliseren afwijking van gewenste ophaaltijd en aflevertijd

6. Het op dag 0 minimaliseren van de wijzigingen in de herplanning als gevolg van gewijzigde en aanvullende opdrachten op dag 0. Hierbij gaat het specifiek om het minimaliseren van wijzigingen in de bestaande planning van ongewijzigde bestaande opdrachten.

Balans tussen efficiency en ruimte om te herplannen

Er moet een balans gevonden worden tussen het creëren van ruimte in de dag -2 en dag -1 planningen ten behoeve van extra opdrachten op dag 0, en de efficiency van de planningen.

2.2 Automatische planbaarheid en wiskundige oplosbaarheid personenvervoer

Wiskundige oplosbaarheid

Het personenvervoer van DJI DV&O is een complex probleem dat lastig op te lossen is als men streeft naar optimale of bijna optimale planningen. Het personenvervoer is wel oplosbaar als men niet streeft naar (bijna) optimale planningen, maar naar goede planningen, bijvoorbeeld als startpunt van een verdere handmatige procedure. De complexiteit van het probleem wordt veroorzaakt door de combinatie van de volgende kenmerken van personenvervoer die in paragraaf 2.1 genoemd zijn:

- Combinatie van drie planningsvraagstukken. Om tot optimale of bijna optimale planningen te komen, moeten deze drie planningsvraagstukken geïntegreerd worden opgelost, en niet sequentieel. Dit heeft een hoge mate van complexiteit.
- Veel opdrachten, voertuigen, medewerkers en voorwaarden, en veel diversiteit in te vervoeren personen en medewerkers.
- Het toestaan dat randvoorwaarden overschreden worden is een extra complicerende factor.
- Bij personenvervoer treden er veel wijzigingen op in de opdrachten voor een bepaalde dienst. Op dag 0 betreft het ongeveer 30% van de opdrachten.

Te hoge rekentijd nodig om tot (bijna) optimale oplossingen te komen

De combinatie van bovenstaande kenmerken van personenvervoer betekent dat het een hele lange rekentijd van een wiskundig optimalisatie algoritme zal vergen om tot (bijna) optimale planningen te komen. De benodigde rekentijd zal in de orde van vele uren zijn, waarschijnlijk tientallen uren. Dit is niet werkbaar in de praktijk.

Wel oplosbaar als men streeft naar goede oplossingen

Er zijn wiskunde optimalisatie methoden die goede, niet-optimale, planningen kunnen berekenen binnen acceptabele rekentijd; deze worden besproken in de volgende paragraaf. Hiermee kunnen planningen gemaakt worden die minstens even goed zijn als planningen die handmatig door planners gemaakt kunnen worden.

Geschikte wiskundige methoden

Er zijn twee algemene categorieën wiskundige methoden om optimalisatieproblemen zoals het plannen van personenvervoer, op te lossen. Deze twee categorieën, benaderingsmethoden en exacte methoden, kunnen weer onderverdeeld worden in sub-categorieën. De aanbeveling is om een combinatie van een constructieve methode en een lokale verbetermethode te gebruiken. Het voordeel hiervan is dat in hele korte rekentijd (seconden) een redelijk tot goede planning gemaakt kan worden die kan lijken op de planning die handmatig door een planner gemaakt wordt. Verder

kan extra rekentijd gebruikt worden om de planning verder te verbeteren (minuten tot uren; vaak kan de gebruiker hierbij de maximum rekentijd instellen).

Een planner moet de mogelijkheid hebben om allerlei instellingen te kunnen aanpassen, zoals het belang van verschillende KPI's, welke voorwaarden hard of zacht zijn, maximaal toegestane overschrijding per zachte voorwaarde en interne instellingen die door de planningsmethode gebruikt worden.

Aanbeveling: rekening houden met extra opdrachten op dag 0

Een tweede aanbeveling is dat de methode bij het maken van planningen op dag -2 en dag -1, rekening moet houden met extra opdrachten die er op dag 0 bij zullen komen. Hiervoor zijn verschillende mogelijkheden zoals het vrijhouden van ruimte bij de voertuigen, met name in het tweede deel van een dienst, of het gebruik van “dummy” opdrachten die op dag 0 vervangen kunnen worden door extra echte opdrachten.

3 Vrachtvervoer

Dit hoofdstuk beschrijft de wiskundige analyse van de planning van de dienst vrachtvervoer van DJI DV&O. Paragraaf 3.1 gaat in op de karakteristieken van de dienst vrachtvervoer en het bijbehorende planningsvraagstuk. Paragraaf 3.2 gaat in op de automatische planbaarheid en wiskundige oplosbaarheid van vrachtvervoer planningsvraagstuk.

Uitgangspunt is dat al bekend is welke voertuigen en medewerkers toegewezen zijn aan een bepaalde dienst van ongeveer 9 uren waarvoor de planning van vrachtvervoer moet worden gemaakt.

3.1 Karakteristieken vrachtvervoer

In deze paragraaf worden de karakteristieken van het vrachtvervoer beschreven.

Planningsvraagstuk

Het planningsvraagstuk van DJI DV&O dienst vrachtvervoer betreft zowel rittenplanning als routeplanning, waarbij alle aanvragen van klanten tot het vervoeren van goederen van herkomstlocatie naar bestemmingslocatie worden ingevuld. Per aanvraag (planningsopdracht) wordt bepaald met welk voertuig en binnen welk tijdsvenster (van ophaaltijdstip tot aflevertijdstip) de rit wordt uitgevoerd. Op basis van een aantal kenmerken van de opdracht (o.a. omvang van de te vervoeren goederen en tijdsvenster afleveren) wordt een afweging gemaakt of de opdracht rechtstreeks of via een depot van DJI DV&O wordt geleverd. In dat geval worden meerdere opdrachten van verschillende klanten op het depot gebundeld en op een nieuwe transportrit van depot naar een of meerdere bestemmingen ingepland. Per voertuigrit wordt bepaald welke opdrachten opgehaald en afgeleverd worden, inclusief locaties en tijdstippen. Er wordt daarbij getracht dit zo efficiënt mogelijk (met minimaal aantal voertuigen en km's) uit te voeren.

Planningsopdracht

Een planningsopdracht van vrachtvervoer bestaat uit het vervoeren van een zeer uitgebreid scala aan verschillende typen goederen. Een planningsopdracht kent specifieke eisen ten aanzien van één of meerdere van de volgende onderdelen:

- Herkomst (ophaallocatie) en bestemming (afhaallocatie).
- Dag(en) van uitvoering met eisen aan tijdsvensters m.b.t. levertijden en ophaaltijden (ophaaldag en afleverdag kunnen verschillen).
- Inzet en opleidingsniveau/competenties van personeel (altijd exact 1 chauffeur).
- Extra beveiligingspersoneel vanuit risicoadvies.
- Uitrusting van het ingezet personeel.
- Communicatiemiddelen.
- Voertuig (bestelauto / vrachtauto).
- Uitrusting voertuig (kasten, koelsysteem, laadmogelijkheden).

Het gemiddeld aantal opdrachten per dag is niet zo groot en varieert tussen 30 en 100 opdrachten per dag. Het grootste gedeelte van de planningsopdrachten zijn vaste (wekelijks/dagelijks terugkerende) opdrachten voor transport van dezelfde goederen van een vaste ophaallocatie naar een vaste afhaallocatie, die met vaste (wekelijks/dagelijks terugkerende) transportritten worden uitgevoerd (75% vaste

ritten versus 25% variabele ritten). Naast de reguliere planningsopdrachten zijn er ook hoge prioriteitsopdrachten of spoedopdrachten, waarbij de gewenste levertijd op hele korte termijn is of zo spoedig mogelijk.

Voorwaarden behorende bij een planning

Een planning moet aan verschillende voorwaarden voldoen:

- Alle planningsopdrachten moeten worden ingepland.
- Planningsopdrachten moeten op de gewenste locatie afgeleverd worden binnen het gewenste tijdvenster voor aflevering.
- De arbeidstijden van de chauffeurs overschrijden niet de wettelijke voorschriften.
- Niet alle goederen kunnen worden gecombineerd op een transportrit.
- Niet alle goederen kunnen met alle voertuigen worden vervoerd.
- Niet alle voertuigen kunnen op alle locaties laden / lossen.

Voertuigvloot en medewerkers

De DJI DV&O dienst vrachtvervoer beschikt over een vaste voertuigvloot bestaande uit totaal 31 voertuigen. Het personeelsbestand van de dienst vrachtvervoer bestaat in totaal uit 37 FTE. Niet alle chauffeurs kunnen op alle voertuigen rijden, er zijn beperkingen door opleidingsniveau en competenties.

Ruime tijdsvensters voor levertijden

De meeste planningsopdrachten hebben noodgedwongen ruime tijdsvensters met betrekking tot de levertijden op de bestemming. Dit heeft te maken met de dynamiek van het operationele proces op de afleverlocaties. Het personeel op de afleverlocatie om de goederen in ontvangst te nemen, kent een hoge dynamiek in het arbeidsproces en kan zeer moeilijk strikte, korte tijdsvensters plannen voor het in ontvangst nemen van de goederen.

Bundelen van transportopdrachten en het gebruik van depots

Een belangrijk deel van de planningsproblematiek bestaat uit het bundelen van transportopdrachten vanaf een depot om zo hoog mogelijke beladingsgraden te realiseren.

Prioriteitsopdrachten / spoedopdrachten

Er is ook sprake van opdrachten met hoge prioriteit die op korte termijn moeten worden uitgevoerd. Hierdoor is bundeling met andere opdrachten vrijwel uitgesloten en leidt dit veelal tot een dedicated hoge prioriteitsrit.

Prestatie indicatoren

De onderstaande prestatie indicatoren (KPIs) worden voorgesteld voor het maken van een optimale planning:

- Aantal uitgevoerde transportopdrachten.
- Aantal / type voertuigen nodig voor het uitvoeren van de transportopdrachten.
- Aantal medewerkers (chauffeurs) nodig voor het uitvoeren van de transportopdrachten.
- Voertuigkosten.
- Medewerkerskosten.
- Leverbetrouwbaarheid.

3.2 Automatische planbaarheid en wiskundige oplosbaarheid vrachtvervoer

Automatische planbaarheid en wiskundige oplosbaarheid

Vanuit de karakteristieken van het planningsvraagstuk van de vrachtdienst zoals in voorgaande paragraaf besproken, lijkt het erg op een standaard planningsvraagstuk van logistiek dienstverleners, waarvoor het goed mogelijk is dat een commercieel 'of-the-shelf' marktoplossing beschikbaar is. Enkele kenmerken waar rekening mee dient te worden gehouden, zijn:

- De lange aflevertijdsvensters.
- De operationele keuze voor het vervoeren via een depot of niet.
- De combinatie van reguliere opdrachten met spoedopdrachten.

Gewenste basisfunctionaliteiten automatisch planningstool

De karakteristieken van het planningsvraagstuk van vrachtvervoer en de wensen ten aanzien van geautomatiseerde ondersteuning van het planningsproces van betrokken planners en managers, leiden tot onderstaande belangrijke functionaliteitseisen / -wensen aan een automatische planningstool:

- Rittenplanning met bundeling van transportopdrachten vanuit depots.
- Routeplanning om aantal gereden km's en rijtijd te minimaliseren.
- Grafisch planbord.
- Vaste opdrachten standaard in een dag/week planning opnemen met een planningshorizon van 1 jaar.
- Automatisch toewijzen van chauffeurs en voertuigen aan transportopdrachten.
- Vastzetten van een deel van alle transportopdrachten die niet worden meegenomen in een volgende optimalisatieslag van de ritten- / routeplanning.
- Tracking en tracing van transportopdrachten en real-time positie voertuigen op geografische kaart.
- Handmatig wijzigingen aanbrengen op oplossingen van het planningstool en de consequenties daarvan op de gehele (dag)planning kunnen zien.
- Managementrapportages van de prestaties van de vrachtdienst over de belangrijke prestatie indicatoren (KPI's).
- Automatisch genereren van vrachtbrieven.
- Ondersteuning van voorraadbeheer, identificatie en labelling middels barcodes van de goederen; bij tijdelijke opslag van goederen / zendingen in de depots is het scannen van goederen / zendingen bij binnenkomst en vertrek uit het depot een belangrijke eis/wens.

Aanbeveling: voldoende aandacht voor de interactie tussen optimalisatie van de planning en de planner

De aanbeveling is om bij de verwerving van een planningstool voldoende aandacht te besteden aan de interactie tussen de optimalisatie van de planning door het planningstool (wiskundige algoritme) en de informatievoorziening naar de planner / de werkwijze van de planner.

4 Beveiliging

Dit hoofdstuk beschrijft de wiskundige analyse van de planning van de detachering van beveiligingsmedewerkers van DJI DV&O. Paragraaf 4.1 gaat in op de karakteristieken van de detachering van beveiligingsmedewerkers. Paragraaf 4.2 gaat in op de automatische planbaarheid en wiskundige oplosbaarheid van de detachering van beveiligingsmedewerkers.

4.1 Karakteristieken planning van beveiliging

Planning detachering beveiligingsmedewerkers

Het planningsvraagstuk van de detachering van beveiligingsmedewerkers bestaat uit het inplannen van beveiligingsmedewerkers op beveiligingsopdrachten zodanig dat aan alle voorwaarden van de planning wordt voldaan, en de KPI's worden geoptimaliseerd. Alle relevante aspecten hierbij worden in de volgende paragrafen beschreven.

Dit planningsvraagstuk wijkt wat af van de overige planningsvraagstukken omdat medewerkers voor lange termijn (maanden) worden ingepland op opdrachten. De (detail)planning welke medewerker op welke dag welke dienst moet uitvoeren, maakt niet deel uit van dit planningsvraagstuk. Deze detailplanning vindt decentraal plaats op de locaties van de opdrachten.

Beveiligingsopdrachten

- Het totaal aantal opdrachten waaraan tegelijk gewerkt wordt is ongeveer 40, per opdracht moeten meerdere beveiligingsmedewerkers (gemiddeld meer dan 10) ingezet worden.
- Deze opdrachten zijn in het algemeen langer lopende opdrachten van meer dan een maand. Medewerkers worden in het algemeen ook voor langere periode aan een opdracht toegewezen, bij voorkeur minimaal 3 maanden, maximaal een jaar.
- Per opdracht is bekend hoeveel beveiligingsmedewerkers nodig zijn gedurende welke uren van de dag, en wat het vereiste opleidingsniveau en de skills zijn van de medewerkers.
- De prioriteit van opdrachten kan verschillen; hoge prioriteit opdrachten zijn belangrijker dan lage prioriteit opdrachten. De prioriteit van een opdracht kan wijzigen in de loop van de tijd.

Beveiligingsmedewerkers en inhuur

- Het totaal aantal beveiligingsmedewerkers is ongeveer 700.
- Belangrijke gegevens van de medewerkers voor het planningsvraagstuk zijn woonplaats, opleidingsniveau en skills, en beschikbaarheid.
- Als er niet voldoende medewerkers zijn om alle opdrachten uit te voeren is externe inhuur van medewerkers mogelijk; dit heeft geen voorkeur.
- Bij een nieuwe opdracht die snel na aanvraag moet starten, kan het gebeuren dat niet het gewenste aantal medewerkers vanaf de startdatum kan worden geleverd. Dan wordt een instroomschema opgesteld waarin staat hoeveel medewerkers vanaf welke datum worden geleverd.
- Als een medewerker op een nieuwe opdracht wordt ingezet, heeft deze een inwerktijd nodig. Afhankelijk van de opdracht en medewerker (opleiding / skills) levert de inwerktijd wel of geen inkomsten op voor de afdeling, en telt de

medewerker die aan het inwerken is wel of niet mee als daadwerkelijk ingezette medewerker.

Voorwaarden voor de planning

- Aan elke opdracht moet een aantal medewerkers met de vereiste skills worden toegewezen. Dit aantal medewerkers moet zodanig zijn dat er, rekening houdend met verlof e.d., gedurende elke dienst altijd het gewenste aantal medewerkers ingepland kan worden. Zoals gezegd valt de planning per dienst buiten dit planningsvraagstuk.
- Bij spoedopdrachten die kort voor de start van de opdracht zijn aangevraagd (minder dan 28 dagen voor de start), is het acceptabel dat niet het volledig aantal vereiste medewerkers, zoals in de opdrachtaanvraag gespecificeerd, is toegewezen aan de opdracht gedurende een bepaalde periode vanaf start van de opdracht.
- Planners kunnen handmatig medewerkers toewijzen aan een opdracht, of uitsluiten van een opdracht. Bij het automatisch plannen moet hier rekening mee worden gehouden.
- Het percentage ingehuurd medewerkers van het totaal aantal ingezette medewerkers op een opdracht, mag niet hoger zijn dan een maximum percentage. Dit maximum percentage is afhankelijk van de opdracht.
- Een medewerker mag maximaal 75 km wonen van de locatie van inzet. Hiervan mag bij hoge prioriteit opdrachten afgeweken worden (dit moet instelbaar zijn).
- De tijdsperiode dat een medewerker achtereenvolgens aan een opdracht werkt, moet tussen de 3 maanden en 12 maanden liggen, waar uiteraard van mag worden afgeweken bij opdrachten die korter dan 3 maanden duren.
- Er moet voor een bepaalde periode vooruit worden gepland; deze planningshorizon is bijvoorbeeld 6 maanden.
- Een medewerker mag op een nieuwe opdracht ingepland worden en van zijn/haar huidige opdracht afgehaald worden; dit wordt een ruiling genoemd. Er moet dan wel indien mogelijk een andere medewerker de plek bij de bestaande opdracht innemen. Een ruiling is alleen toegestaan als aan eerder genoemde eisen voldaan wordt (de medewerker moet bijvoorbeeld minstens 3 maanden op de bestaande opdracht ingezet zijn). Een ruiling kan gunstig zijn als daardoor het totale financieel resultaat van de afdeling verbeterd wordt (zie volgende paragraaf), bijvoorbeeld omdat de reiskosten afnemen. Het heeft voorkeur een medewerker te ruilen die de meeste dagen heeft gewerkt bij de huidige opdracht. Een medewerker mag niet geruild worden als het resterende aantal dagen tot het geplande einde bij de huidige opdracht, onder een bepaald minimum aantal dagen ligt.
- Bij bepaalde opdrachten en bepaalde medewerkers mag niet geruild worden; het moet instelbaar zijn welke opdrachten en medewerkers dit betreft.
- Het aantal ruilingen dat bij een (her-)planning wordt ingepland, mag niet meer dan een instelbaar maximum overschrijden (een maximum absoluut aantal of een maximum percentage).
- Na een ruiling van de huidige opdracht naar de nieuwe opdracht, mag het aantal dagen dat er onvoldoende medewerkers zijn toegewezen aan de huidige opdracht, niet hoger zijn dan een instelbaar maximum.

Alle getallen/waarden die in de voorwaarden genoemd zijn moeten aanpasbaar / instelbaar zijn.

Optimalisatiecriteria / KPI's

- Maximaliseren van de mate waarin voldaan wordt aan het gevraagde aantal medewerkers per opdracht, rekening houdend met verschil in prioriteit tussen opdrachten.
- Maximaliseren van het financieel resultaat.
- Minimaliseren van het totaal aantal kilometers dat boven het maximum van 75 kilometer woon-werk afstand uitkomt.
- Maximaliseren van het aantal ruiling-dagen-al-gewerkt: als een medewerker geruild wordt, dan is het aantal dagen vanaf het moment van de start van de medewerker bij de huidige opdracht, tot het moment van de start bij de nieuwe opdracht, het aantal ruiling-dagen-al-gewerkt. Dit aantal moet, gesommeerd over alle medewerkers die geruild worden, gemaximaliseerd worden.

Aan elk optimalisatiecriterium moet een prioriteit kunnen worden toegekend.

Niet dagelijks (her-)plannen

Er hoeft niet dagelijks te worden gepland / herpland omdat medewerkers voor langere tijd voor een opdracht worden ingepland. Herplanning is met name nodig als er een nieuwe opdracht bij komt, dan is een wat grotere aanpassing aan de planning acceptabel om het financieel resultaat te optimaliseren. Een acceptabele rekentijd voor een automatisch planningstool is 10 tot 15 minuten.

4.2 Automatische planbaarheid en wiskundige oplosbaarheid beveiliging

Wiskundige oplosbaarheid

De detachering van beveiligingsmedewerkers van DJI DV&O is een probleem met gemiddelde complexiteit qua oplosbaarheid als men streeft naar optimale of bijna optimale planningen.

- In tegenstelling tot personenvervoer waar drie afhankelijk planningsproblemen moeten worden opgelost, is de detachering van beveiligingsmedewerkers een stuk eenvoudiger. Medewerkers hoeven “alleen maar” aan opdrachten te worden toegewezen, waarbij voldaan wordt aan de voorwaarden en de optimalisatiecriteria worden geoptimaliseerd.
- Er zijn echter een aantal complicerende factoren:
 - Het grote aantal medewerkers dat ingepland moet worden, namelijk ongeveer 700.
 - Het grote aantal voorwaarden waaraan een planning moet voldoen.
 - Het feit dat deels van voorwaarden mag worden afgeweken indien nodig.
 - Het relatief grote aantal optimalisatie criteria.

Het probleem is hiermee redelijk goed wiskundig oplosbaar. Indien men streeft naar optimale planningen dan is dit mogelijk niet haalbaar in combinatie met de gewenste rekentijd van 10 tot 15 minuten. Er zijn echter ook wiskunde optimalisatiemethoden die voor dit probleem hele goede planningen kunnen maken in 10 tot 15 minuten rekentijd.

Geschikte wiskundige methoden

Er zijn twee mogelijkheden om de detachering van beveiligingsmedewerkers te plannen:

1. Het gebruik van een combinatie van een constructieve methode en een lokale verbetermethode. Het voordeel hiervan is dan men in hele korte tijd van enkele

- seconden al een redelijk goed planning heeft die lijkt op een planning die door een planner handmatig gemaakt zou kunnen zijn. Verder kan extra rekentijd gebruikt worden om de planning verder te verbeteren (minuten tot uren; vaak kan de gebruiker hierbij de maximum rekentijd instellen). Het nadeel is dat de planning in het algemeen niet optimaal is.
2. Het gebruik van een exacte methode. Het voordeel hiervan is dat de planning optimaal is. Het nadeel hiervan is dat de rekentijd mogelijk langer dan acceptabel zal zijn en dat mogelijk niet alle voorwaarden voor een planning en alle optimalisatiecriteria goed meegenomen kunnen worden.

Welke mogelijkheid het beste is, is nu moeilijk in te schatten. Verder overleg hierover, onder andere met de beoogde leverancier van de planningstool, kan extra inzicht verschaffen.

5 Specialistische taken

Dit hoofdstuk beschrijft de wiskundige analyse van de planning van specialistische taken. Paragraaf 5.1 gaat in op de karakteristieken van specialistische taken. Paragraaf 5.2 gaat in op de automatische planbaarheid en wiskundige oplosbaarheid van specialistische taken.

Uitgangspunt is dat al bekend is welke medewerkers toegewezen zijn aan een bepaalde dienst van ongeveer 9 uren waarvoor de planning van specialistische taken moet worden gemaakt.

5.1 Karakteristieken planning specialistisch taken

Planning specialistische taken

Het planningsvraagstuk specialistische taken bestaat uit het inplannen van medewerkers op specialistische taken zodanig dat aan alle voorwaarden van de planning wordt voldaan, en de KPI's worden geoptimaliseerd. Alle relevante aspecten hierbij worden in de volgende paragrafen beschreven.

Specialistische taken

- Specialistische taken betreffen o.a. het begeleiden/bewaken van terbeschikkingstelling (TBS) verloven, bewaking van gedetineerden die in het ziekenhuis verblijven, de inzet van speurhonden, gebouw- en persoonsbeveiliging, elektronische monitoring (EM) en het bewaken van de buitenmuren van hoog beveiligde inrichtingen zoals de PI Vught.
- Bvis (bijzonder vervoer internationale tribunalen) en BOT (bijzonder ondersteuningsteam voor heel hoog risico opdrachten) betreft vooral opdrachten voor het vervoer van personen maar er hoeft geen routeplanning gemaakt te worden. Het is voldoende dat het gewenste aantal medewerkers met de juiste skills gedurende de gewenste periode aan zo'n opdracht worden toegewezen.
- Het bewaken van de buitenmuren van hoog beveiligde inrichtingen zijn opdrachten die voor langere tijd (meerdere maanden) vast staan. Omdat dit een vrij belastende opdracht is wil men een medewerker niet veel dagen achter elkaar inplannen op deze opdrachten.
- Per opdracht is bekend hoeveel medewerkers nodig zijn gedurende welke uren van de dag, en wat de vereiste skills zijn van de medewerkers. Verder moet een prioriteit aan een opdracht worden gegeven voor de situatie dat niet alle opdrachten kunnen worden ingepland.
- Gemiddeld zijn er 5 ziekenhuisbewakingen per dag over het gehele jaar gezien; het aantal varieert tussen de 0 en 15 per dag. Per bewaking zijn twee (soms drie) medewerkers nodig voor de vroege dienst, twee voor de late dienst en voor de nachtdienst.
- Per dag zijn er gemiddeld vier TBS verloven; per TBS verlof moet één medewerker worden ingepland. In het ideale geval zijn de TBS verloven op een locatie aansluitend in de tijd waardoor één medewerker deze TBS verloven aansluitend kan begeleiden.
- Ten behoeve van de inzet van speurhonden bevinden zich thuis bij een aantal medewerkers een of meerdere speurhonden. Elke speurhond is inzetbaar voor een of meerdere typen taken; dit kan per speurhond verschillen. Afhankelijk van het type taak waarbij een speurhond nodig is, is bekend welke speurhonden

hiervoor geschikt zijn en dus welke medewerker/speurhond combinaties hiervoor geschikt zijn (bij elke speurhond hoort één specifieke medewerker).

- Er is veel dynamiek in de klantvraag inclusief veranderingen aan bestaande opdrachten.

Medewerkers

- Er zijn ongeveer 200 medewerkers voor de specialistische taken; ongeveer 90 FTE voor ziekenhuisbewakers / complexbeveiligers, 102 FTE landelijk bijzondere bijstand (LBB) en een aantal voor EM.
- Voor ziekenhuisbewakers / complexbeveiligers valt de reistijd buiten de werktijd, maar de medewerkers krijgen wel een reiskostenvergoeding op basis van de daadwerkelijke reisafstand. Bij LBB-ers en aansluiters van enkelbanden valt de eerste 30 minuten reistijd buiten werktijd en de overige reistijd binnen werktijd; de medewerkers krijgen geen reiskostenvergoeding omdat deze de beschikking hebben over een dienstvoertuig.
- Bij LBB-ers mag de dienst tot 1,5 uur eerder starten dan volgens het rooster staat aangegeven. Complexbeveiligers hebben een variabele werktijd (+/- half uur).
- Belangrijke gegevens van de medewerkers voor het planningsvraagstuk zijn hun woonplaats, opleidingsniveau en skills, en beschikbaarheid.

Voorwaarden voor de planning

- Aan elke opdracht moet het vereiste aantal medewerkers met de vereiste skills worden toegewezen.
- Medewerkers kunnen alleen ingezet worden in een bepaalde dienst op een bepaalde dag als die volgens het al eerder vastgestelde rooster dan beschikbaar zijn. Zoals aangegeven mag een LBB-er de dienst tot 1.5 uur eerder starten dan volgens het rooster staat aangegeven.
- De diensttijd van een medewerker moet voldoen aan de arbeidstijdenwet.
- Het aantal dagen dat een medewerker achter elkaar wordt ingezet voor het bewaken van de buitenmuren van hoog beveiligde inrichtingen mag een bepaald maximum niet overschrijden.
 - Verder mag het totaal aantal dagen dat een medewerker in een periode van een jaar wordt ingezet voor deze beveiliging, een bepaald maximum niet overschrijden.
- De planning van de inzet van medewerkers voor het bewaken van de buitenmuren van hoog beveiligde inrichtingen moet 28 dagen van te voren bekend zijn en moet dus voor langere tijd vooruit gepland worden. De planningstool moet dus medewerkers op kortlopende opdrachten kunnen inplannen (opdrachten die maar voor een dienst relevant zijn), als medewerkers op langlopende opdrachten kunnen inplannen.
- In geval van een geautomatiseerde herplanning moet het mogelijk zijn op meerdere manieren een deel van de oorspronkelijke planning vast te kunnen zetten. Alleen het overige deel van de oorspronkelijke planning mag dan worden veranderd. Een manier is om de planning tot een bepaalde tijd vast te zetten. Ook kan het wenselijk zijn om de planning van bepaalde opdrachten vast te zetten.

Optimalisatiecriteria / KPI's

Er zijn een aantal criteria of Key Performance Indicators (KPI's) die meegenomen moeten worden bij het maken van een zo goed mogelijke, bij voorkeur optimale, planning.

- Maximaliseren van het aantal opdrachten waarvoor medewerkers worden ingepland, gewogen met de prioriteit van de opdrachten
- Minimaliseren van het aantal medewerkers dat nodig is om de opdrachten uit te voeren
- Minimaliseren van de reistijd (voor LBB-ers) en de reiskosten voor woon-werk verkeer (voor ziekenhuisbewakers / complexbeveiligers).
- Minimaliseren van het skill-overschot van ingezette medewerkers gesommeerd over alle medewerker – opdracht combinaties. Het skill-overschot van een medewerker - opdracht combinatie betreft de mate waarin het aantal skills van de medewerker hoger is dan het aantal skills die vereist zijn voor de opdracht waaraan de medewerker is toegewezen.

Aan elk optimalisatiecriterium moet een prioriteit kunnen worden toegekend.

Dagelijks (her-)plannen

Er moet dagelijks gepland worden. Planners willen verschillende planningen laten berekenen.

5.2 Automatische planbaarheid en wiskundige oplosbaarheid specialistische taken

Wiskundige oplosbaarheid

De planning van specialistische taken van DJI DV&O is een probleem met relatief lage complexiteit qua oplosbaarheid als men streeft naar optimale of bijna optimale planningen.

- In tegenstelling tot personenvervoer waar drie afhankelijk planningsproblemen moeten worden opgelost, is de planning van specialistische taken een stuk eenvoudiger. Medewerkers hoeven “alleen maar” aan opdrachten te worden toegewezen, waarbij voldaan wordt aan de voorwaarden en de optimalisatiecriteria worden geoptimaliseerd.
- Het aantal medewerkers (ongeveer 200) dat ingepland moet worden is laag.
- Het aantal voorwaarden waaraan een planning moet voldoen is relatief laag.
- Er zijn niet veel optimalisatiecriteria / KPI's.

Het probleem is hiermee relatief eenvoudig wiskundig oplosbaar.

Geschikte wiskundige methoden

Er zijn twee mogelijkheden om specialistisch taken te plannen:

1. Het gebruik van een combinatie van een constructieve methode en een lokale verbetermethode. Het voordeel hiervan is dan men in hele korte tijd van enkele seconden al een redelijk goed planning heeft die lijkt op een planning die door een planner handmatig gemaakt zou kunnen zijn. Verder kan extra rekentijd gebruikt worden om de planning verder te verbeteren (minuten tot uren; vaak kan de gebruiker hierbij de maximum rekentijd instellen). Het nadeel is dat de planning in het algemeen niet optimaal is.
2. Het gebruik van een exacte methode. Het voordeel hiervan is dat de planning optimaal is. Het nadeel hiervan is dat de rekentijd mogelijk langer dan acceptabel

zal zijn en dat mogelijk niet alle voorwaarden voor een planning en alle optimalisatiecriteria goed meegenomen kunnen worden.

Welke mogelijkheid het beste is, is nu moeilijk in te schatten. Verder overleg hierover, onder andere met de beoogde leverancier van de planningstool, kan extra inzicht verschaffen.

6 Overkoepelende analyse van de planningsvraagstukken

Er zijn vier hoofdcategorieën diensten, met elk een bijbehorende afdeling en een bijbehorend planningsvraagstuk. Dit betreft personenvervoer, vrachtvervoer, beveiliging en specialistische taken. In dit hoofdstuk wordt het volgende onderwerp besproken. Kunnen de vier planningsvraagstukken worden opgelost 1) door één generiek planningstool dat geschikt is voor alle vier hoofdcategorieën producten en diensten, of 2) door één overkoepelend planningstool met een aantal modules, waarbij elke module een (of enkele) van de vier planningsvraagstukken kan oplossen, of 3) door een aantal aparte planningstools voor deze vier planningsvraagstukken?

Hierbij zijn de mogelijkheid van één overkoepelend planningstool met een aantal modules (optie 2), en de mogelijkheid van een aantal aparte planningstools (optie 3) uit plannings-technisch oogpunt gelijk aan elkaar. Een module uit optie 2 is gelijk aan een planningstool in optie 3.

De vier planningsvraagstukken zijn behoorlijk verschillend van elkaar. De planning van de detachering van beveiligingsmedewerkers en de planning van specialistische taken lijken nog het meest op elkaar, echter, ook hier zijn er significante verschillen. De conclusie is dan ook dat het niet haalbaar en niet zinvol is om de vier planningsvraagstukken met één generiek planningstool op te lossen, maar dat er vier aparte modules / planningstools nodig zijn voor deze vier planningsvraagstukken. De onderbouwing van deze conclusie wordt in de volgende paragrafen besproken.

Typen vraagstukken

Bij personenvervoer moeten drie onderling afhankelijke sub-planningsvraagstukken worden opgelost: het toewijzen van medewerkers aan voertuigen, het toewijzen van te vervoeren personen aan voertuigen (inclusief een compartiment van het voertuig) en het per voertuig bepalen van een route langs de ophaal- en afzetlocaties.

Bij vrachtvervoer moeten te vervoeren goederen (zendingen) aan voertuigen worden toegewezen en moet per voertuig een route bepaald worden. Bij vrachtvervoer moet per zending ook bepaald worden of de zending eerst tijdelijk naar een depot gebracht wordt en pas een of meerdere dagen later naar de bestemming wordt vervoerd of dezelfde dag opgehaald en afgeleverd gaat worden.

Bij beveiliging en specialistische taken moeten alleen medewerkers aan opdrachten worden toegewezen; op dit gebied lijken deze twee planningsvraagstukken veel op elkaar.

Tijdshorizon

De tijdshorizon, de periode waarvoor een planning moet worden gemaakt, varieert tussen één dienst van ongeveer 9 uren voor personenvervoer en specialistische taken (met uitzondering van één specifiek type taak), en ongeveer 6 maanden voor de detachering van beveiligingsmedewerkers. Vrachtvervoer zit hier enigszins tussenin; deels betreft het de planning van eenmalige opdrachten die maar voor één of twee diensten relevant zijn (twee diensten als de opdracht via een depot gaat), maar deels de planning van terugkerende opdrachten die men voor langere periode wil kunnen inplannen.

Voorwaarden

De voorwaarden waaraan een planning moet voldoen verschillen behoorlijk tussen de verschillende planningsvraagstukken. Bij personenvervoer speelt de combineerbaarheid van personen in een voertuig of compartiment een grote rol. Bij de planning van de detachering van beveiligingsmedewerkers spelen o.a. voorwaarden gerelateerd aan ruilingen een belangrijke rol. Dit is slechts een greep uit de vele verschillende voorwaarden. De overlap tussen voorwaarden is maar beperkt.

Optimalisatiecriteria / KPI's

Bij personenvervoer moeten ophaal- en aflevertijdstippen zo dicht mogelijk bij de gewenste tijdstippen liggen, en moeten omrijdtijden bij voorkeur geminimaliseerd worden. Bij de planning van beveiliging moeten woon-werk afstanden boven de 75 kilometer geminimaliseerd worden, moet zoveel mogelijk aan gewenste maar niet vereiste skills voldaan worden, en bij ruilingen moet zoveel mogelijk gekozen worden voor medewerkers die al een lange tijd worden ingezet bij hun huidige opdracht. Er is ook overlap tussen KPI's maar er zijn dus ook verschillen.

Een bijzonder aspect bij personenvervoer

Bij personenvervoer is het van belang om bij de dag -2 en dag -1 planningen ruimte in te bouwen in de planning ten behoeve van extra opdrachten die er op dag 0 bijkomen. Bij de herplanning op dag 0 ten behoeve van de extra opdrachten moeten wijzigingen aan de bestaande planning voor de bestaande opdrachten, geminimaliseerd worden. Dit is uniek voor personenvervoer en speelt niet of nauwelijks bij de andere drie planningsvraagstukken.

Conclusie

Alhoewel de verschillen tussen de vier planningsvraagstukken per aspect wellicht niet al te groot lijken, zijn de vier planningsvraagstukken significant verschillend van elkaar als alle aspecten meegenomen worden. Het is dan ook niet haalbaar en niet zinvol om de vier planningsvraagstukken met één generiek planningstool op te lossen. Er zijn twee mogelijkheden: de eerste is het gebruik van één overkoepelend planningstool met vier modules, en de tweede is het gebruik van vier aparte planningstools. Uit plannings-technisch oogpunt zijn deze twee mogelijkheden gelijk aan elkaar.