

DEGAS Advies 2008-068  
Advies betreffende het Causale Model van  
Luchtvaartveiligheid

**Distributie:**

|                         |                     |
|-------------------------|---------------------|
| Ir. C.M.P.S. Eurlings,  | DEGAS voorzitter en |
| Minister van Verkeer en | leden               |
| Waterstaat              | DGLM                |
| Tweede Kamer der        |                     |
| Staten-Generaal         |                     |

Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt, op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DEGAS.

**Divisie:**

N.R.

**Opgesteld:**

DEGAS

**Goedgekeurd:**

B. Baksteen/



**Order-/codenumber:**

1058106.1

**Afgesloten:**

24 Oktober 2008

**Rubricering titel:**

Ongerubriceerd

## **Samenvatting**

In dit memorandum wordt aan de Minister van Verkeer en Waterstaat, de heer ir. C.M.P.S. Eurlings, advies gegeven over het Causale Model van Luchtvaartveiligheid (Causal model of Air Transport Safety – CATS).

### Samenvatting van de bevindingen:

- CATS is een state-of-the-art causaal model;
- Initiële toepassingen van CATS dienen gericht te zijn op strategische kwesties, niet op tactisch risico management;
- Toepassing van het CATS model zal zeker vragen om beleidsmaatregelen en acties die buiten de reikwijdte van de Nederlandse luchtvaartsector vallen;
- Voor de verdere ontwikkeling van het model is internationale acceptatie van en betrokkenheid bij het CATS programma vanaf dit moment essentieel;
- De validatie van CATS zal lastig blijken te zijn en zal toegang tot vertrouwelijke gegevens vereisen;
- Er worden op dit moment diverse verwante – wetenschappelijke – activiteiten ontplooid die de noodzakelijke instrumenten kunnen leveren voor de verdere verfijning van CATS, bruikbare gegevens kunnen leveren voor de validatie, en kunnen bijdragen aan het opbouwen van internationaal vertrouwen in het model.

### Aanbevelingen

Het Ministerie van Verkeer en Waterstaat heeft substantieel geïnvesteerd in de ontwikkeling van CATS. Het resultaat van deze investering is een state-of-the-art causaal model van luchtvaartveiligheid. Het is van belang zich te realiseren dat, ondanks het feit dat het eindrapport van CATS is opgeleverd, dergelijke modellen nooit volledig zijn uitontwikkeld. Zij ondergaan een continu proces van verdere ontwikkeling, validatie, acceptatie en revisie. Het management van het CATS programma dient dan ook zodanig te worden aangepast dat de overgang van de fase van ontwikkeling van het model naar de fase van validatie en acceptatie van het model hierin wordt weerspiegeld.

- Het Ministerie dient haar rol als programmasponsor en klant te veranderen in de rol van pleitbezorger en facilitator van het programma;
- Om de validatie en verdere ontwikkeling van het model mogelijk te maken moet het Ministerie stappen ondernemen om toegang te verkrijgen tot vertrouwelijke gegevens van onder meer luchtvaartmaatschappijen en dient er voor zorg te dragen dat gegevens die worden gebruikt bij de validatie en verdere ontwikkeling van CATS, vertrouwelijk blijven;
- Het Ministerie moet ervoor zorg dragen dat de initiële toepassingen van CATS zijn gericht op de sterke punten van het model.

## Inhoudsopgave

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>Wat</b>   | <b>5</b>  |
| <b>2</b> | <b>Waarom</b>  | <b>5</b>  |
| <b>3</b> | <b>Potentiële problemen en voordelen</b>                         | <b>6</b>  |
| 3.1      | Initiële toepassing CATS gericht op hiervoor geschikte problemen | 6         |
| 3.2      | Industriebrede, internationale acceptatie is essentieel          | 6         |
| 3.3      | Validatie  | 7         |
| 3.4      | Noodzaak voor een 'nieuw soort' gegevens                         | 8         |
| 3.5      | Andere, gerelateerde initiatieven                                | 10        |
| <b>4</b> | <b>Samenvatting van de bevindingen</b>                           | <b>12</b> |
| <b>5</b> | <b>Aanbevelingen</b>   | <b>13</b> |

(14 pages in totaal)

## 1 Wat

Het onderwerp van dit advies is het Causale Model van Luchtvaartveiligheid (Causal model of Air Transport Safety – CATS). De doelstelling van het CATS project was de ontwikkeling van een volledig operationeel causaal model dat zowel de oorzaken omvat van ongevallen in de burgerluchtvaart als de voorzorgsmaatregelen die worden genomen om deze ongevallen te voorkomen.

Het CATS project is op 14 juli 2005 gestart. Het betreft een vervolg op een eerder onderzoek naar causale modellering van luchtvaartveiligheid, uitgevoerd in 2001 – 2002 door een consortium geleid door het NLR (Hale, 2007). In de loop van het derde trimester van 2008 zal het causale model gereed komen. Na een zorgvuldige evaluatie van het model zelf en na een literatuuronderzoek van vergelijkbare causale modellen kan DEGAS concluderen dat CATS een state-of-the-art causaal model is. Het model bestaat uit een grote verzameling foutenbomen, event sequence diagrams en Bayesian Belief Networks (BBNs). Deze verschillende componenten zijn geïntegreerd in een enkel BBN dat menselijke, organisatorische en technische factoren verbonden aan het luchtvaartstelsel combineert in één naadloos, consistent systeem. Als zodanig is het model het meest geavanceerde causale model dat op dit moment in de literatuur is beschreven. BBNs zijn in het bijzonder geschikt om inzicht te verkrijgen in causaliteit en risico. Ze zijn toegepast op het terrein van veiligheid van de nucleaire industrie. De toepassing van BBNs op het terrein van luchtvaartveiligheid is breed geaccepteerd, en ook andere luchtvaart onderzoekers hebben voor deze benadering gekozen – maar op een beperktere schaal (Luxhol, 2004).

## 2 Waarom

DEGAS is gevraagd aan de Minister van Verkeer en Waterstaat een advies uit te brengen over het causale model van luchtvaartveiligheid CATS.

### 3 Potentiële problemen en voordelen

#### 3.1 Initiële toepassing CATS gericht op hiervoor geschikte problemen

CATS is een model dat goed toepasbaar is bij algemene beleidsvraagstukken gerelateerd aan veiligheidsmanagement. Gezien de diepgang van het model zou het ook toegepast *kunnen* worden op het meer tactische of technische niveau, maar wanneer dit zou worden gedaan is de kans groot dat tactische besluitvormers door het model zullen worden overweldigd. Bovendien zou deze toepassing voorbijgaan aan het feit dat het model is ontworpen om strategische inzichten te verkrijgen. In een dergelijke situatie zou CATS als model in diskrediet kunnen worden gebracht als een omslachtig systeem dat voorspelt wat voor de hand ligt. Een dergelijke toepassing kan verder tot gevolg hebben dat operationeel personeel wordt afgeleid van zijn toezichthoudende en handhavingstaken, die van cruciaal belang zijn voor de veiligheid. Een geschiktere toepassing van CATS zou zijn het model gericht in te zetten voor meer algemene problemen die aanzienlijke wijzigingen met zich meebrengen van operationele en organisatorische systemen. De gevolgen van dergelijke veranderingen kunnen verstrekkend zijn en moeilijk te voorspellen. Het geïntegreerde karakter van CATS kan buitengewoon waardevolle inzichten verschaffen in deze veranderingen en de gevolgen.

Het CATS final management report omvat een verhelderend citaat van Patrick Hudson, "*CATS is the second best representation of reality, reality itself being the best*". Medewerkers die dag in dag uit deel uitmaken van het luchtvaartstelsel zien de waarde van CATS naar alle waarschijnlijkheid niet, omdat zij geen behoefte hebben aan een *vertegenwoordiging* van de werkelijkheid. Zij leven immers in de werkelijkheid.

#### 3.2 Industriebrede, internationale acceptatie is essentieel

Gezien het sterk geïntegreerde en alomvattende karakter van CATS is het onwaarschijnlijk dat het model inzichten in noodzakelijke beleidswijzigingen of toekomstige risico's oplevert die volledig binnen de grenzen van de Nederlandse burgerluchtvaart kunnen worden verwerkt. Als CATS bijvoorbeeld was toegepast op problemen zoals de recente stijging van loss-of-control ongevallen, dan had het heel goed op de noodzaak kunnen wijzen van nieuwe geautomatiseerde systemen of een gewenste toename van stuurhutpersoneel ervaring. Uiteraard zouden zulke veranderingen vragen om internationale actie.

De ontwikkelaars van CATS wijzen erop dat het nodig was 20 jaar lang vertrouwen op te bouwen voordat in het Nederlands recht een causaal model werd geïmplementeerd gericht op de veiligheid van chemische fabrieken (Eindverslag CATS). Het moet worden erkend dat CATS met een grotere uitdaging wordt geconfronteerd. Chemische fabrieken verplaatsen zich niet tussen Staten, vliegtuigen wel. De waardevolle inzichten die op enig moment in de toekomst door CATS worden geleverd zullen een internationale impact hebben. Vandaar dat het CATS model internationale erkenning en geloofwaardigheid moet hebben. De beste manier om een dergelijke geloofwaardigheid te verkrijgen is door middel van internationale betrokkenheid bij de verdere ontwikkeling van CATS in de toekomst.

### 3.3 Validatie

De ontwikkelingsfase van het CATS model is nagenoeg afgerond maar de grote hindernis van de validatie moet nog worden genomen voordat het model operationeel kan worden toegepast en de resultaten met vertrouwen kunnen worden aanvaard. De tijd en de kosten die deze validatie met zich meebrengen moeten niet worden onderschat. Het is belangrijk dat het model wordt gevalideerd met behulp van betrouwbare gegevens. Het is ook belangrijk dat dit validatie proces geen beslag legt op middelen van DGLM of de Nederlandse luchtvaartindustrie die onmisbaar zijn voor de veiligheid

Het model is een geautomatiseerde bergplaats met duizenden stukjes kwalitatieve en kwantitatieve informatie over de oorzaken van luchtvaartincidenten en -ongevallen. De nieuwe structuur maakt dat die stukjes als onderdelen van een groot netwerk onderlinge interacties aangaan. Maar het blijft een feit dat de uiteindelijke geldigheid van het model afhankelijk is van de geldigheid van de enorme hoeveelheid kwalitatieve en kwantitatieve data die het bevat. De ontwikkelaars van het model hebben gebruik gemaakt van de beste beschikbare gegevensbronnen, maar zelfs de beste bronnen met gegevens over luchtvaartincidenten en -ongevallen zijn onvolledig en inconsistent. (Voor voorbeelden hiervan zie: Eurocontrol, 2005, *ATM CONTRIBUTION TO AIRCRAFT ACCIDENTS / INCIDENTS*, 2.2.3). Dit heeft de ontwikkelaars van het model gedwongen zwaar te leunen op 'expert opinion'. Door op een gestructureerde wijze te vragen naar 'expert opinions' is geprobeerd deze informatie zo betrouwbaar mogelijk te laten zijn. Bovendien hebben de ontwikkelaars van het model stukjes kwantitatieve data gebruikt

om dit proces van het verkrijgen van expert opinies te valideren en te verfijnen. Feit blijft echter dat het op gestructureerde wijze verkrijgen van 'expert opinion' op zijn best een vage wetenschap is en de gebruikte methoden nog steeds onderwerp van veel discussie in de academische gemeenschap zijn (Wiegmann, 2005). Er kan geen twijfel over bestaan dat de validatie van dit grote model nog veel tijd en kosten gaat vergen. Zelfs nadat het model is gevalideerd kan het nog enkele jaren duren voordat de luchtvaartsector vertrouwen krijgt in het model. Het vertrouwen in de fundamentele wetenschappelijke onderbouwing van causale modellering zou bovendien gebaat zijn bij een bespreking van en een antwoord op de argumenten van degenen in de wetenschappelijke gemeenschap die tot de conclusie zijn gekomen dat er geen verder heil te verwachten is van causale analyse en modellering.

### **3.4 Noodzaak voor een 'nieuw soort' gegevens**

De belangrijkste gegevens voor CATS zijn juist die gegevens over vliegveiligheid die het moeilijkst zijn te verkrijgen. Wanneer mensen denken aan gegevens over vliegveiligheid dan denken ze aan gegevens over ongevallen of incidenten. Dit zijn gegevens over wat er is misgegaan. Dergelijke gegevens zijn voldoende voor publicaties in kranten, voor politieke beslissingen, of om vervolging te ondersteunen, maar ze zijn in de verste verte niet voldoende voor veiligheidsmanagement of het gebruik van CATS. Voor het CATS model zijn gegevens over wat fout had kunnen gaan, maar niet fout ging, even essentieel als gegevens over wat fout had kunnen gaan, en fout ging. Op elke vlucht worden fouten gemaakt, maar op elke vlucht dienen mensen en technische systemen als barrières die deze fouten opvangen en ervoor zorgen dat ze niet uit de hand lopen. CATS heeft gegevens nodig die laten zien hoe deze barrières werken. Dit soort gegevens is uiterst zeldzaam en wordt noodzakelijkerwijs zorgvuldig afgeschermd.

Een belangrijk voorbeeld van dit soort gegevens is afkomstig van zo genoemde Line Orientated Safety Audits (LOSA):

<http://homepage.psy.utexas.edu/homepage/Group/HelmreichLAB/Aviation/LOSA/LOSA.html>).

In LOSA wordt, door getrainde waarnemers, gedurende audits van de normale vliegoperatie informatie over veiligheidsrisico's verzameld. Deze gegevens verschaffen belangrijke informatie over de wijze waarop bemanningen



problemen managen en voorkomen dat deze tot incidenten leiden. Een andere bron voor dit type informatie is flight data monitoring. Deze informatie is niet zo rijk als de informatie die bij LOSA wordt verzameld, maar geeft nog steeds statistische informatie over normale vluchten en incidenten.

In de wereld van de luchtverkeersleiding kan een aantal van de beste gegevensbronnen beschikbaar komen door samenwerking met RVSM monitoring agencies. Zij vergelijken de werkelijke systeemprestaties met streefniveaus van veiligheid:

<http://www.nat-pco.org/monitor.htm>.

Een laatste gegevensbron die onderzocht zou moeten worden is het 'U.S. Aviation Safety Information Analysis and Sharing System (ASIAS)':

[http://www.asias.faa.gov/portal/page?\\_pageid=56,398034,56\\_398041&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://www.asias.faa.gov/portal/page?_pageid=56,398034,56_398041&_dad=portal&_schema=PORTAL)

De ASIAS gegevens zijn op dit moment beperkt tot Amerikaanse gegevensbronnen, maar ze zijn waardevol omdat gegevens van vele verschillende kwalitatieve en kwantitatieve bronnen worden geïntegreerd om tot een zeer compleet begrip van veiligheidsgebeurtenissen te komen. Deze gegevens kunnen zeer nuttig zijn bij de validatie van CATS aangezien de reikwijdte van de ASIAS gegevens het best overeenkomt met de reikwijdte van CATS. Het onderhouden van nauwe relaties met initiatieven als het ASIAS kan een belangrijke strategie zijn om de validatie en toekomstige ontwikkeling van CATS te faciliteren.

Benadrukt moet worden dat de vertrouwelijkheid van de gegevens de toegang tot veel van de hierboven vermelde bronnen zeer moeilijk zal maken. De eigenaren van de gegevens zullen moeten worden benaderd en garanties van vertrouwelijkheid zullen moeten worden verstrekt. Het vermogen om te onderhandelen over deze toegang en de autoriteit om de nodige garanties te verstrekken overstijgen de mogelijkheden van het huidige CATS programmateam. Daarom mag worden verwacht dat een grotere betrokkenheid van programma sponsors en DGLM vereist zal zijn in deze gebieden.

### 3.5 Andere, gerelateerde initiatieven

Er loopt momenteel een aantal belangrijke initiatieven die baat zouden kunnen hebben bij het gebruik van het CATS model. Samenwerking met een of meer van deze initiatieven zou validatie en aanvaarding van het model kunnen vergemakkelijken, en zou aanvullende financiering kunnen verschaffen voor de voltooiing van de ingrijpende werkzaamheden die nodig zijn voor het valideren van het model en voor het verbeteren van de minder ontwikkelde modules (bv. Human Response Modelling):

#### SESAR Programma

Het SESAR Safety Management Plan (SESAR Consortium, 2007) richt zich op de volgende metriek: *"door Air Traffic Management (ATM) veroorzaakte ongevallen en ernstige of risicodragende incidenten niet laten toenemen en waar mogelijk verlagen."* Het Safety Management Plan geeft hierbij het volgende voorbeeld: *"Om dit punt duidelijk te maken: ATM is een belangrijke oorzaak bij botsingen in volle vlucht, maar veroorzaakt minder vaak controlled flight into terrain (CFIT) ongevallen. Echter, ATM zou aanzienlijk kunnen helpen bij het voorkomen van CFIT ongevallen, waarop de kans veel groter is dan op botsingen in volle vlucht"*. Gezien deze lovenswaardige en holistische benadering van luchtvaartveiligheid is het duidelijk dat het SESAR-project zou kunnen profiteren van de geïntegreerde veiligheidsbeoordelingen die het CATS-model moet gaan produceren.

#### NAT SPG veiligheidsdoelstellingen en botsingsrisico modellering

De 'safety monitoring efforts' die plaatsvinden in de ICAO North Atlantic Region (NAT) en die worden uitgevoerd onder de verantwoordelijkheid van de North Atlantic Systems Planning Group (NAT SPG)<sup>1</sup> zijn waarschijnlijk de verst ontwikkelde ter wereld. Toch is het veiligheidsniveau dat wordt nagestreefd nog steeds niet gehaald. De verschillende NAT Groups die het Air Traffic Control System in deze regio managen zouden kunnen profiteren van de inzichten die CATS kan genereren en CATS zou kunnen profiteren van de uitgebreide dataset die beschikbaar is. Inspanningen zijn gestart, deels als gevolg van de problematische prestatiegegevens van de NAT SPG, om opnieuw te kijken naar de fundamentele botsingsrisico modellen die voor Air Traffic Control (ATC - luchtverkeersleiding) worden gebruikt. Het BBN-netwerk en de geïntegreerde

---

<sup>1</sup> Zie voor uitgebreide informatie hieromtrent <http://www.nat-pco.org/>

structuur van CATS kunnen hierbij erg nuttig zijn. Voor een voorbeeld van de werkzaamheden die op dit terrein reeds worden uitgevoerd zie Brooker, 2005, *LONGITUDINAL COLLISION RISK FOR ATC TRACK SYSTEMS: A HAZARDOUS EVENT MODEL*.

### **Inspanningen van de NASA en FAA**

De FAA streeft, met werk uitgevoerd door NASA en de Rutgers University, naar de ontwikkeling van modellen die vergelijkbaar zijn met CATS en die daadwerkelijk gebruik maken van de mogelijkheden van BBNs (zie presentatie: Luxhøj, 2004). Er moet dan ook worden gestreefd naar samenwerking tussen CATS en deze initiatieven, daar de vooruitgang in BBN modellering die CATS heeft gerealiseerd zeer nuttig kan zijn. Wanneer in ruil hiervoor toegang wordt verleend tot uitgebreide veiligheidsinformatie kan dit het validatieproces van CATS faciliteren. Bovendien kan de introductie van CATS aan Amerikaanse onderzoekers de internationale acceptatie van het model bevorderen.

#### **4 Samenvatting van de bevindingen**

- CATS is een state-of-the-art causaal model;
- Initiële toepassingen van CATS dienen gericht te zijn op strategische kwesties, niet op tactisch risico management;
- Toepassing van het CATS model zal zeker vragen om beleidsmaatregelen en acties die buiten de reikwijdte van de Nederlandse luchtvaartsector vallen;
- Voor de verdere ontwikkeling van het model is internationale acceptatie van en betrokkenheid bij het CATS programma vanaf dit moment essentieel;
- De validatie van CATS zal lastig blijken te zijn en zal toegang tot vertrouwelijke gegevens vereisen;
- Er worden op dit moment diverse verwante – wetenschappelijke – activiteiten ontplooid die de noodzakelijke instrumenten kunnen leveren voor de verdere verfijning van CATS, bruikbare gegevens kunnen leveren voor de validatie, en kunnen bijdragen aan het opbouwen van internationaal vertrouwen in het model.

## 5 Aanbevelingen

Het Ministerie van Verkeer en Waterstaat heeft substantieel geïnvesteerd in de ontwikkeling van CATS. Het resultaat van deze investering is een state-of-the-art causaal model van luchtvaartveiligheid. Het is van belang te beseffen dat, ondanks het feit dat het eindrapport van CATS is opgeleverd, dergelijke modellen nooit volledig zijn uitontwikkeld. Zij ondergaan een continu proces van verdere ontwikkeling, validatie, acceptatie en revisie. Het management van het CATS programma dient dan ook zodanig te worden aangepast dat de overgang van de fase van ontwikkeling van het model naar de fase van validatie en acceptatie van het model hierin wordt weerspiegeld.

- a. **Het Ministerie dient haar rol als programmasponsor en klant te veranderen in de rol van pleitbezorger en facilitator van het programma.** CATS kan zorgen voor een significant voordeel voor de luchtvaartsector en het Ministerie mits het Ministerie ervoor zorgt dat 1) CATS toegang verkrijgt tot gegevens noodzakelijk voor validatie en verdere verfijning van het model; 2) De internationale gemeenschap het model accepteert. Het Ministerie heeft de initiële ontwikkeling van het model gesteund door het beschikbaar stellen van een aanzienlijk budget en technische ondersteuning. Het Ministerie kan de volgende fase in de ontwikkeling van CATS het beste steunen door in te zetten op een bredere, internationale groep van gebruikers en sponsors van het programma. Dergelijke inspanningen zullen zich terugbetalen in de vorm van toegang tot nieuwe gegevensbronnen, de beschikbaarheid van experts voor validatie en het opbouwen van internationale acceptatie van het model. Daarnaast zouden deze inspanningen moeten leiden tot een internationale financiering van het project. Het is twijfelachtig of een internationale acceptatie van CATS ooit zal worden bereikt wanneer er niet om te beginnen enige internationale investering in het programma plaatsvindt. Kandidaat-programma's voor toekomstig partnerschap of sponsorschap worden behandeld in paragraaf 3.5.

- b. Het Ministerie moeten stappen ondernemen om toegang te verkrijgen tot beschermde, vertrouwelijke gegevens en waarborgen dat deze gegevens vertrouwelijk blijven bij het gebruik ervan bij de validatie en verdere ontwikkeling van CATS.** Zoals hierboven reeds aangegeven heeft CATS de toegang tot beschermde, vertrouwelijke gegevens nodig. Het Ministerie zou de eigenaren van deze gegevens moeten benaderen en nagaan welke stappen noodzakelijk zijn om te bereiken dat deze gegevens beschikbaar komen voor CATS. Een eerste inspanning op dit gebied zouden onderhandelingen met Eurocontrol kunnen zijn over het vrijgeven van ATM-gegevens die het mogelijk maken de ATM-sectie van CATS te valideren.
- c. Het Ministerie moet ervoor zorg dragen dat de eerste toepassingen van CATS zijn gericht op de sterke punten van het model.** Het ministerie heeft flink in CATS geïnvesteerd. Het is dan ook begrijpelijk dat het Ministerie graag directe en tastbare resultaten wil zien. Dit mag echter niet leiden tot een te vroege toepassing van dit grote, geïntegreerde model voor de specifieke, tactische vraagstukken. Bijvoorbeeld, CATS zou kunnen worden gebruikt om het toezicht op bepaalde operators te verscherpen. Echter, dergelijke besluiten kunnen beter worden genomen op grond van eenvoudige risico-modellen die het resultaat zijn van de recente inspecties. CATS is een model dat grote vragen kan beantwoorden en complexe interacties kan identificeren. Het model zou onterecht in diskrediet worden gebracht wanneer het, te vroeg, op de verkeerde problemen wordt toegepast. Dat zou een verschrikkelijk verlies betekenen voor Nederland en de luchtvaartsector, aangezien er bepaald geen tekort is aan grote en complexe vragen die moeten worden beantwoord.

-oOo-