

## Document 20





Dedicated to innovation in aerospace

NLR-MEMORANDUM AOSI-2017-017 | Definitieve versie

# Definitieve selectie groei-relevante ongevalscategorieën

Eerste fase Integrale Veiligheidsanalyse Schiphol

**AFDELING:** Air Transport Safety Instituut

**AUTEUR(S):**

Verstraeten, J.G.; Geest, P.J. van der; Es, G.W.H. van; Klein Obbink, B.; Balk, A.D.;  
Giesberts, M.K.H.

**NLR - Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum**

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

NLR DIVISIE	Aerospace Operaties
ORDER/CODENUMMER	1157119
RUBRICERING TITEL	ONGERUBRICEERD

GOEDGEKEURD DOOR:													
AUTEUR							REVIEWER						
Verstraeten, J.G.; Geest, P.J. van der; Es, G.W.H. van; Klein Obbink, B.; Balk, A.D.; Giesberts, M.K.H.							Roelen, A.L.C						
DATUM	1	1	0	8	1	7	DATUM	0	2	0	8	1	7

**Distributie:**

Ministerie van Infrastructuur en Milieu

LVNL

KLM

Schiphol

## Samenvatting

Om het effect op veiligheid van een groei in vliegbewegingen op Schiphol te bepalen moet er een brede en gestructureerde veiligheidsanalyse plaatsvinden. Een analyse op basis van ICAO-ongevalsecategorien biedt deze structuur. Het doel van deze deelstudie is het identificeren van relevante ongevalsecategorien. Voor een relevante ongevalsecategorie geldt dat de ongevalskans per beweging wordt beïnvloed door de groei van Schiphol. De studie vormt een eerste stap in het verkrijgen van inzicht in de integrale veiligheid van Schiphol bij een relatief kleine toename van het verkeersvolume. Tabel 1 geeft een overzicht van de resultaten. Relevante categorien zijn de categorien met (mogelijk) effect. De mate van effect is echter nog niet bekend, maar zou na verdere studie ook niet significant kunnen zijn. Voor de categorien met mogelijk effect moet additionele analyse relevantie uitwijzen. De andere categorien zijn niet relevant, groei van vliegverkeer heeft geen effect op de ongevalskans per beweging.

Tabel 1: groei-effect per ongevalsecategorie

<b>ABNORMAL RUNWAY CONTACT (ARC)</b>	Mogelijk effect
<b>ABRUPT MANEUVER (AMAN)</b>	Effect
<b>AERODROME (ADRM)</b>	Mogelijk effect
<b>AIRPROX/TCAS ALERT/LOSS OF SEPARATION/NEAR MIDAIR COLLISIONS/MIDAIR COLLISIONS (MAC)</b>	Effect
<b>ATM/CNS (ATM)</b>	Effect
<b>BIRD (BIRD)</b>	Mogelijk effect
<b>CABIN SAFETY EVENTS (CABIN)</b>	Geen effect
<b>COLLISION WITH OBSTACLE(S) DURING TAKEOFF AND LANDING (CTOL)</b>	Geen effect
<b>CONTROLLED FLIGHT INTO OR TOWARD TERRAIN (CFIT)</b>	Mogelijk effect
<b>EVACUATION (EVAC)</b>	Effect
<b>EXTERNAL LOAD RELATED OCCURRENCES (EXTL)</b>	Niet van toepassing
<b>FIRE/SMOKE (NON-IMPACT) (F-NI)</b>	Geen effect
<b>FIRE/SMOKE (POST-IMPACT) (F-POST)</b>	Effect
<b>FUEL RELATED (FUEL)</b>	Mogelijk effect
<b>GLIDER TOWING RELATED EVENTS (GTOW)</b>	Niet van toepassing
<b>GROUND COLLISION (GCOL)</b>	Effect
<b>GROUND HANDLING (RAMP)</b>	Effect
<b>ICING (ICE)</b>	Geen effect
<b>LOSS OF CONTROL-GROUND (LOC-G)</b>	Effect
<b>LOSS OF CONTROL-INFLIGHT (LOC-I)</b>	Mogelijk effect
<b>LOSS OF LIFTING CONDITIONS EN ROUTE (LOLI)</b>	Niet van toepassing
<b>LOW ALTITUDE OPERATIONS (LALT)</b>	Niet van toepassing
<b>MEDICAL (MED)</b>	Geen effect
<b>NAVIGATION ERRORS (NAV)</b>	Effect
<b>OTHER (OTHR)</b>	Niet van toepassing
<b>RUNWAY EXCURSION (RE)</b>	Effect
<b>RUNWAY INCURSION (RI)</b>	Effect
<b>SECURITY RELATED (SEC)</b>	Niet van toepassing
<b>SYSTEM/COMPONENT FAILURE OR MALFUNCTION (NON-POWERPLANT) (SCF-NP)</b>	Geen effect
<b>SYSTEM/COMPONENT FAILURE OR MALFUNCTION (POWERPLANT) (SCF-PP)</b>	Mogelijk effect
<b>TURBULENCE ENCOUNTER (TURB)</b>	Effect
<b>UNDERSHOOT/OVERSHOOT (USOS)</b>	Mogelijk effect
<b>UNINTENDED FLIGHT IN IMC (UIMC)</b>	Niet van toepassing
<b>UNKNOWN OR UNDETERMINED (UNK)</b>	Niet van toepassing
<b>WILDLIFE (WILD)</b>	Geen effect
<b>WIND SHEAR OR THUNDERSTORM (WSTRW)</b>	Geen effect

# Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Introductie</b>	<b>4</b>
1.1	Achtergrond van de studie	4
1.2	Doel van de studie	4
1.3	Leeswijzer	5
<b>2</b>	<b>Uitgangspunten, aanpak en afbakening</b>	<b>6</b>
2.1	Uitgangspunten en aannames	6
2.2	Aanpak van de studie	6
2.3	Operationeel concept Schiphol	7
2.4	Afbakening begrip veiligheid	10
<b>3</b>	<b>Resultaten van selectie ongevalscategorieën</b>	<b>12</b>
3.1	Resultaten van alle ongevalscategorieën	12
3.2	Onderbouwing per ongevalscategorie	13
3.3	Abnormal Runway Contact (ARC)	19
3.3.1	Achtergronden	19
3.3.2	Invloed verkeersgroei op ARCs	21
3.3.3	Conclusie	24
3.4	Abrupt Maneuver (AMAN)	24
3.4.1	Achtergronden	24
3.4.2	Invloed verkeersgroei op AMAN	25
3.4.3	Conclusie	26
3.5	Aerodrome (ADRM)	26
3.5.1	Achtergronden	26
3.5.2	Invloed verkeersgroei op de ADRM ongevalskans	26
3.5.3	Conclusie	28
3.6	Airprox/TCAS Alert/Loss of Separation/(Near) Midair Collisions (MAC)	28
3.6.1	Achtergronden	28
3.6.2	Invloed verkeersgroei op de MAC ongevalskans	29
3.6.3	Conclusie	32
3.7	ATM/CNS (ATM)	32
3.7.1	Achtergronden	32
3.7.2	Invloed verkeersgroei op ATM/CNS ongevalskans	32
3.7.3	Conclusie	33
3.8	Bird (BIRD)	33
3.8.1	Achtergronden	33
3.8.2	Invloed groei op kans vogelaanvaring Schiphol	35
3.8.3	Conclusie	37
3.9	Controlled flight into or toward terrain (CFIT)	37
3.9.1	Achtergronden	37
3.9.2	Invloed verkeersgroei op CFITs	38
3.9.3	Conclusie	39

3.10 Fuel related (FUEL)	39
3.10.1 Achtergronden	39
3.10.2 Invloed van groei op brandstofgerelateerde ongevallen	40
3.10.3 Conclusie	41
3.11 Ground handling (RAMP)	42
3.11.1 Achtergronden	42
3.11.2 Invloed van groei op ongevallen tijdens grondafhandeling	43
3.11.3 Conclusies	45
3.12 Ground Collision (GCOL)	45
3.12.1 Achtergronden	45
3.12.2 Invloed verkeersgroei op GCOL	46
3.12.3 Conclusie	48
3.13 Loss of control - inflight (LOC-I)	49
3.13.1 Achtergronden	49
3.13.2 Invloed verkeersgroei op LOC-I ongevalskans	51
3.13.3 Conclusie	51
3.14 Loss of Control – Ground (LOC-G)	52
3.14.1 Achtergronden	52
3.14.2 Invloed verkeersgroei op LOC-G ongevalskans	52
3.14.3 Conclusie	53
3.15 Navigation errors (NAV)	53
3.15.1 Achtergronden	53
3.15.2 Invloed verkeersgroei op NAV	54
3.15.3 Conclusie	56
3.16 Runway Excursion (RE)	56
3.16.1 Achtergronden	56
3.16.2 Invloed groei op kans Runway Excursion Schiphol	59
3.16.3 Conclusies	60
3.17 Runway Incursion – Vehicle, Aircraft Or Person (RI–VAP)	61
3.17.1 Achtergronden	61
3.17.2 Invloed verkeersgroei op de RI ongevalskans	61
3.17.3 Conclusie	62
3.18 Turbulence encounter (TURB)	63
3.18.1 Achtergronden	63
3.18.2 Invloed verkeersgroei op TURB	64
3.18.3 Conclusie	65
3.19 Undershoot/overshoot (USOS)	65
3.19.1 Achtergronden	65
3.19.2 Invloed verkeersgroei op USOS	66
3.19.3 Conclusie	67
<b>4 Conclusies en vervolg</b>	<b>68</b>
<b>5 Referenties</b>	<b>71</b>



# 1 Introductie

## 1.1 Achtergrond van de studie

Op 6 april 2017 bracht de Onderzoeksraad voor de Veiligheid (OVV) het rapport uit over de veiligheid van het vliegverkeer op de luchthaven Schiphol [OVV, 2017]. Daarin worden onder andere de volgende belangrijke aanbevelingen gedaan: *(7c) bij cruciale besluiten over (de groei van) Schiphol de gevolgen voor veiligheid in de volle breedte te beoordelen*, aan het Ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM) en *(3) Onderzoek vooraf en integraal wat de effecten van groei van het vliegverkeer zijn op de veiligheid (...)*, aan de Schiphol Group en de luchtverkeersleiding Nederland (LVNL). Om het effect op veiligheid van een groei in vliegbewegingen te bepalen moet er een brede en gestructureerde veiligheidsanalyse plaatsvinden. Een analyse op basis van ICAO-ongevalscategorieën<sup>1</sup> biedt deze structuur. Per ongevalscategorie wordt geïdentificeerd welke factoren bepalend zijn voor het ongevalsrisico. Voor elk van deze factoren zal worden beoordeeld of de factor, binnen het operationele concept van Schiphol, wordt beïnvloed door groei van vliegverkeer. Op deze manier worden relevante ongevalscategorieën bepaald. Voor een relevante ongevalscategorie geldt dat de ongevalskans per beweging wordt beïnvloed door de groei van Schiphol.

De in dit memorandum gedocumenteerde resultaten vormen de eerste stap in de Integrale Veiligheidsanalyse Schiphol (IVA SPL). Doel van de integrale veiligheidsanalyse is het verkrijgen van inzicht in de integrale veiligheid van Schiphol bij een beperkte toename van het verkeersvolume, van 500.000 tot circa 550.000 bewegingen.

## 1.2 Doel van de studie

Doel van het in dit memorandum gedocumenteerde werk is te bepalen van welke van de gedefinieerde ICAO-ongevalscategorieën als relevant kunnen worden aangemerkt. Hiervoor worden de ongevalscategorieën op basis van expertopinie en beschikbare data onderverdeeld in vier groepen:

**Effect.** De groei van vliegverkeer heeft naar verwachting een invloed op de ongevalskans per vliegbeweging in deze categorie. Nadere studie moet uitwijzen hoe groot die invloed is in de specifieke omstandigheden op Schiphol.

**Mogelijk effect.** Het is op basis van expertopinie en beschikbare data nog niet met zekerheid te zeggen of groei effect heeft op de ongevalskans per beweging. Om dit vast te stellen is additionele data en input van de sector nodig.

**Geen effect.** De groei van vliegverkeer heeft geen invloed op de ongevalskans per vliegbeweging in deze categorie.

**Niet van toepassing.** De ongevalscategorie is niet van toepassing omdat de categorie niet relevant is voor commerciële luchtvaart, omdat de categorie niet relevant is voor vliegveiligheid of omdat het een restcategorie betreft.

<sup>1</sup> Een door de CICTT (CAST/ICAO Common Taxonomy Team) opgestelde lijst voor het classificeren van voorvallen (ongevallen en incidenten) met vliegtuigen. Deze lijst is een wereldwijde standaard, zie [ICAO, 2013]. In dit rapport wordt de term ongevalscategorie gebruikt om naar een categorie uit de lijst te verwijzen.



De categorieën in de groepen **effect** en **mogelijk effect** worden in de vervolgfase (fase 2) van de integrale veiligheidsanalyse in detail uitgewerkt. Er wordt dan ook onderzocht of de effecten op de ongevalskans voldoende kunnen worden gemitigeerd.

## 1.3 Leeswijzer

Dit memorandum bestaat inclusief deze introductie uit vier hoofdstukken. In het tweede hoofdstuk worden uitgangspunten, aanpak en afbakening van de studie beschreven. In hoofdstuk 3 worden de resultaten per ongevalscategorie gegeven en beargumenteerd. Het laatste hoofdstuk bevat de conclusies en een doorkijk hoe de resultaten in de vervolgfase van de integrale veiligheidsanalyse worden gebruikt.



## 2 Uitgangspunten, aanpak en afbakening

### 2.1 Uitgangspunten en aannames

De volgende uitgangspunten worden gehanteerd in de studie:

- De beoordeling is voor het huidige operationele concept van Schiphol. De studie omvat de volledige operatie vanaf binnenvliegen van de Schiphol *terminal manoeuvring area* (TMA) tot aan parkeren aan de gate en vertrek vanaf de gate tot en met het uitvliegen van de TMA. Het operationele concept is in het kort verder beschreven in sectie 2.3.
- De studie betreft een relatief kleine toename van het verkeersvolume (<10%) bovenop 500.000 vliegbewegingen.
- De studie betreft commerciële operaties met *fixed wing* vliegtuigen.
- De aanpak is integraal, dat wil zeggen dat veiligheid in de volle breedte beschouwd wordt (dus niet alleen een beperkt aantal knelpunten).
- Om de integrale veiligheid te duiden richt de studie zich op de verwachte ontwikkeling in *ongevalskans per beweging*. De afbakening van het begrip veiligheid wordt beschreven in sectie 2.4.
- Uit het OVV-rapport blijkt dat er geen signalen zijn dat tot 500.000 vliegbewegingen de situatie als onveilig moet worden beschouwd.

De volgende aannames worden gedaan in de studie:

- Er wordt aangenomen dat er verhoudingsgewijs niet meer operaties uitgevoerd worden door luchtvaartmaatschappijen met een beneden-gemiddeld veiligheidsniveau.
- Er wordt aangenomen dat er verhoudingsgewijs niet significant meer vrachtverkeer komt.
- Er wordt aangenomen dat de groei van vliegverkeer tenminste gelijkmatig verdeeld is over het huidige verkeer of dat deze wordt verwezenlijkt door vliegtuigen in de klasse Boeing 737/Airbus A320 of kleiner.
- Er wordt aangenomen dat de groei van vliegverkeer gelijkmatig verdeeld is over de jaargetijden.
- Er wordt aangenomen dat het operationeel concept van Schiphol niet significant gewijzigd wordt om de groei mogelijk te maken.
- Er wordt aangenomen dat de piekcapaciteit van Schiphol niet toeneemt, maar dat groei verwezenlijkt kan worden door het vullen van dal-periodes.

### 2.2 Aanpak van de studie

De huidige studie betreft de eerste fase van de Integrale Veiligheidsanalyse Schiphol (IVA SPL). Deze eerste fase is er op gericht om in kaart te brengen in welke ongevalscategorieën de effecten van groei zouden kunnen doorwerken op de veiligheid van Schiphol. In de vervolgfases zal van elk van deze categorieën nader worden geanalyseerd, hoe en in welke mate de veiligheid op Schiphol gevoelig is voor deze effecten (fase 2). Daarna zullen maatregelen gedefinieerd worden om deze effecten te kunnen beheersen, als voorwaarde om de groei mogelijk te maken (fase 3).

De selectie van relevante ongevalscategorieën is in twee stappen uitgevoerd. Een eerste ruwe selectie is gemaakt op basis van expertopinie. Doel van deze selectie is te achterhalen voor welke ongevalscategorieën er met hoge waarschijnlijkheid wel of geen effect is van groei van vliegverkeer op de ongevalskans per beweging, en voor welke ongevalscategorieën dit op voorhand niet met zekerheid valt te zeggen. In de tweede stap worden deze laatste

categorieën uitgebreider beschouwd met als doel om met enige zekerheid vast te stellen of er wel of geen effect is. Dit wordt gedaan op basis van expertopinie, relevante onderzoeken en beschikbare data. Indien het op basis hiervan nog steeds niet mogelijk is om goed onderbouwd aan te geven of er wel of geen effect is, wordt er vastgesteld welke data of expertkennis uit de sector nodig is om het effect in een vervolgfase wel te kunnen vaststellen. Alle argumenten en aannames van de afwegingen worden gedocumenteerd.

## 2.3 Operationeel concept Schiphol

Schiphol is verreweg de grootste luchthaven van Nederland en één van de belangrijkste en drukste internationale luchthavens in Europa. In 2016 bediende de luchthaven 63,5 miljoen passagiers, 1,7 miljoen ton luchtvracht, 479.000 vliegbewegingen naar 322 bestemmingen door 85 luchtvaartmaatschappijen. Verreweg het grootste deel van het luchtverkeer is commercieel (Commercial Air Transport), uitgevoerd door *fixed wing*, meermotorige vliegtuigen in wake vortex-categorieën medium (meer dan 7000 kg) en heavy (meer dan 130.000 kg).

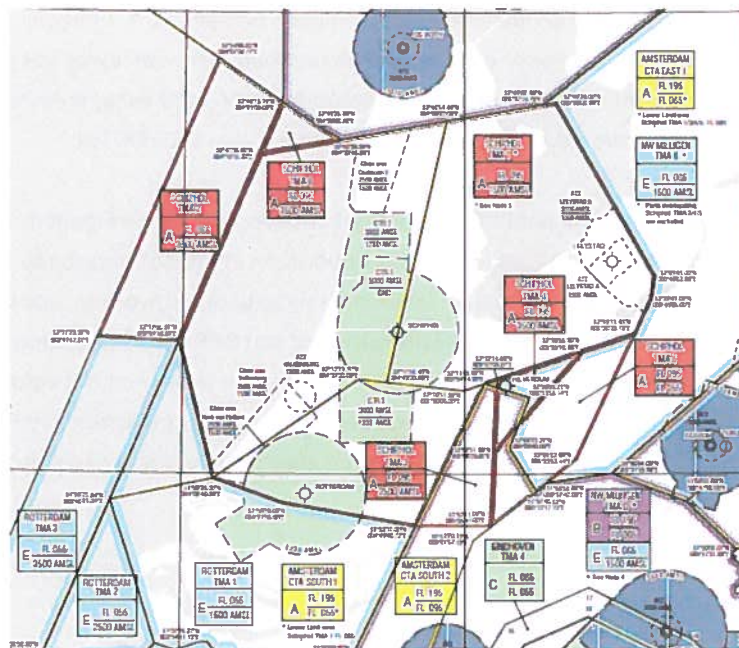
Schiphol heeft zes banen, waarvan er drie parallel in noord-zuid richting liggen, zie Figuur 1. Met uitzondering van de Polderbaan –niet starten naar het zuiden of landen naar het noorden– en de Aalsmeerbaan –niet starten naar het noorden of landen naar het zuiden– kan elke baan in beide richtingen gebruikt worden, voor zowel landen als starten. De banen zijn allemaal geasfalteerd, 45m breed –met uitzondering van de Polderbaan, die is 60m breed– en 3300m lang of langer –met uitzondering van de Oostbaan, die is ruim 2000m. De taxibanen zijn voldoende ruim bemeten opdat ook een Airbus A380 (het grootste commerciële verkeersvliegtuig) kan manoeuvreren en zo aangelegd dat taxiënd verkeer in nominale omstandigheden goed kan worden afgehandeld, met enkele hot spots (zie [AIP, 2017], Aerodrome ground movement chart).



Figuur 1: Banenstelsel Schiphol

De benodigde faciliteiten zijn aanwezig en voldoen aan de internationale en normen. Dit geldt zowel voor de brandweer en nooddiensten, de navigatiemiddelen<sup>2</sup>, de meteorologische diensten, de taxibanen, de baanverlichting, de brandstofvoorzieningen, de de-icing, enzovoort. De meeste passagiersvliegtuigen worden aan een gate geparkeerd en anders op een opstelplaats op een platform.

Het luchtruim in de directe nabijheid van de luchthaven is een Controlled Traffic Region (CTR) tot 3000ft hoogte (zie kaart hieronder) van klasse C<sup>3</sup>. Daarbuiten liggen de Schiphol TMAs (zie opnieuw kaart hieronder) van klasse A<sup>4</sup> tot FL95 (Flight Levels (FL) worden uitgedrukt per 100 voet, FL95 geeft een vlieghoogte aan van 9.500 voet). Het luchtruim aan de westzijde van Schiphol zal op afzienbare termijn worden aangepast om de groei van de luchthaven Lelystad te accommoderen maar op een wijze die het Schipholverkeer nauwelijks zal hinderen.



Figuur 2: Luchtruimindeling rond Schiphol

De luchtverkeersleiding, en in het bijzonder de genoemde separatiediensten, wordt verzorgd door de LVNL. Voor de verkeersleiding op de grond en in de buurt van de luchthaven wordt gebruik gemaakt van twee verkeerstorens, waarin Ground controller, Air controllers en assistenten het verkeer afhandelen. De Approach-verkeersleiders en de assistenten op Schiphol-Oost handelen het verkeer in de TMAs af. Zowel de toren- als de approachverkeersleiding wordt daarbij ondersteund door allerlei surveillance-, communicatie- en informatievoorzieningen, die voldoen aan de internationale normen. Het centrale luchtverkeersleidingssysteem, AAA, wordt op afzienbare termijn vervangen door een nieuw systeem maar deze wijziging geldt hier niet als een verandering van het operationeel concept.

De luchtverkeersleiding beslist over het gebruik van de door Schiphol beschikbaar gestelde banen op grond van een aantal criteria, waaronder de verkeersvraag, de windrichting en de geluidspreferentie. De verkeersvraag wisselt gedurende de dag, met regelmatige *inbound* en *outbound* peaks. In een *inbound* piek wordt gekozen voor het gebruik van twee geschikte landingsbanen en één startbaan en in een *outbound* piek andersom. Buiten de pieken wordt doorgaans maar één start- en één landingsbaan gebruikt. In geval van baanwisselingen of extreme drukte wordt er

<sup>2</sup> Voldoende VOR/DMEs voor conventionele navigatie en zeven landingsbanen met een Instrument Landing System (ILS).

<sup>3</sup> Klasse C wil in essentie zeggen dat IFR en VFR-verkeer is toegestaan en dat er separatiediensten worden geleverd aan het IFR-verkeer.

<sup>4</sup> Klasse A wil in essentie zeggen dat alleen IFR-verkeer is toegestaan en dat er separatiediensten worden geleverd aan dit verkeer.



tijdelijk gebruik gemaakt worden van twee startbanen en twee landingsbanen. Deze wijzen van opereren worden aangeduid de termen 2+1-, 1+2- of 2+2-baangebruik. Een belangrijk aspect van het huidige concept is dat er duidelijk vastgelegde restricties gelden voor het 2+2-baangebruik (maximaal 80 bewegingen per dag en gemiddeld 40 per dag over het jaar). Dit wordt de 4<sup>e</sup>-baanregel genoemd.

De verschillende geometrieën van de verschillende baancombinaties maken dat er verschillende soorten operaties worden uitgevoerd, waaronder: parallel naderen, parallel starten, convergerend naderen en starten, convergerend naderen en mixed mode, waarin een baan voor zowel landen als starten wordt gebruikt. Dergelijke operaties hebben specifieke risico's die door procedures en veiligheidssystemen als RIAS (alarmeert bij runway incursions) en Guards (alarmeert bij een doorstart) worden gemitigeerd.

De capaciteit van Schiphol hangt dus samen met de in gebruik zijnde baancombinatie en de zichtomstandigheden. In goed zicht is de capaciteit van een landingsbaan typisch 38 vliegtuigen per uur en van een vertrekbaan typisch 40 vliegtuigen per uur. Dit hangt samen met de minimale afstanden tussen naderingen en de minimale tijdsintervallen tussen vertrekken, die nodig zijn om het risico van botsingen en ongevallen door zogturbulentie van andere vliegtuigen zo klein mogelijk te houden. LVNL gaat daarbij uit van de standaard normen die zijn vastgesteld door de Internationale Burgerluchtvaartorganisatie (ICAO). In minder zicht gelden er allerlei andere beperkingen en kan de capaciteit teruglopen tot minder dan de helft. Schiphol is een gereguleerde luchthaven, de LVNL monitort het tijdsverloop van de verkeersvolumes op basis van vliegplannen, vergelijkt met de afhandelcapaciteit en stuurt eventueel bij door bijvoorbeeld vertrektijden aan te passen. Dit wordt gedaan in samenwerking met de centrale Network Manager in Brussel, die weer in contact staat met andere grote velden.

Op Schiphol wordt Collaborative Decision Making (CDM) ingevoerd voor de gezamenlijke besluitvorming van alle operationele partners, luchthaven, Luchtverkeersleiding, luchtvaartmaatschappijen en grondaafhandelaren, op basis van gedeelde informatie over het vlucht- en vliegtuigafhandelingsproces op de luchthaven. Voor de implementatie van Airport CDM op Schiphol is een programma opgezet waarin Amsterdam Airport Schiphol, KLM, LVNL, grondaafhandelaren en de Schiphol Airline Operators Committee (SAOC) samenwerken. De invoering van CDM op Schiphol verloopt in twee stappen. De eerste stap is dat Schiphol lokaal gaat werken volgens de CDM-werkwijze en haar operationele beslissingen op de luchthaven gaat nemen op basis van gedeelde informatie over vlucht- en vliegtuigafhandelingsproces. De tweede stap is dat Schiphol die operationele informatie real-time gaat delen met Eurocontrol. De eerste stap is reeds gezet. De tweede stap zal plaatsvinden in 2018 en zorgt ervoor dat vluchten van en naar Schiphol beter passende time slots krijgen en daarmee ook het luchtruim efficiënter benut wordt (bron: [www.schiphol.nl](http://www.schiphol.nl)).

Naderen op Schiphol kan op verschillende manieren. De meest voorkomende manier verloopt als volgt. Een vlucht komt aan op één van de drie zogeheten IAFs (Initial Approach Fixes), te weten RIVER, SUGOL of ARTIP, typisch op een hoogte in de band tussen FL70 en FL100. De Approach-verkeersleiders vectoreren het vliegtuig naar de eindnadering van de eerder gekozen landingsbaan, dat wil zeggen: zij geven koers-, hoogte- en snelheidsinstructies waardoor het verkeer snel, efficiënt en veilig wordt afgehandeld. Zij combineren de verschillende stromen tot één stroom per landingsbaan en zorgen er voor dat de vliegtuigen op adequate afstand en met een geschikt snelheidsprofiel achter elkaar vliegen. De eindnadering is vaak een ILS-nadering, waarbij de bemanning vanaf een hoogte van 2000ft tot 4000ft in een rechte lijn, onder een constante hoek van 3° naar de baan navigeert. De verkeersleider in de toren geeft op tijd de landingsklaring, alleen wanneer de baan vrij is. Voorbeelden van uitzonderingen van deze wijze van naderen zijn: vluchten van Rotterdam naar Schiphol, vliegers die een visuele nadering verkiezen en de vluchten in de nacht die een voorgeschreven pad volgen (de zogeheten night transitions).

De meest voorkomende manier van vertrekken verloopt als volgt. De vliegers krijgen nog voor het taxiën te horen vanaf welke baan en volgens welke Standard Instrument Departure (SID) er vertrokken wordt. Deze wordt ingevoerd in het Flight Management System van het vliegtuig, zodat de initiële klim vanaf lage hoogte tot ongeveer FL60 later automatisch kan worden uitgevoerd, volgens het voorgeschreven pad, met eventuele hoogte- snelheidsbeperkingen. Het taxiën van de gate of het platform tot aan de baan gebeurt onder verantwoordelijkheid van de ground controller. Het komt met enige regelmaat voor dat er tijdens het uittaxiën veranderd wordt van baan en SID. Het moment van opstellen op de baan en het moment van take-off worden bepaald door de runway controller in de toren. Vlak na de take-off wordt het vliegtuig overgedragen naar de Approach-verkeersleiders, die na verloop van tijd instructies geven zodat de vlucht in de hogere luchtlagen kan aansluiten op het en route-verkeer. De paden en hoogtes van de SIDs zijn zo ontworpen dat ze vrij zijn van elkaar en vrij zijn van de routes voor naderend verkeer, maar ook zodanig dat woonbebouwing zo veel mogelijk wordt vermeden.

Schiphol is een zogenaamde hub, hetgeen wil zeggen dat het een centraal punt vormt in het *hub en spoke*-netwerk van luchthavens. Een kleine 40% van de passagiers op Schiphol zijn transferpassagiers. Dit hangt samen met de KLM-operatie, die met ongeveer de helft van de passagiers de belangrijkste operator op Schiphol is. Schiphol kent daarmee een afhandelsysteem met pieken waarbij de aankomst- en vertrektijden op elkaar afgestemd zijn om de overstapmogelijkheden te optimaliseren. Veel processen, waaronder die van de luchtverkeersleiding zijn dan ook ingericht op een hoge en robuuste capaciteit en een hoge punctualiteit.

## 2.4 Afbakening begrip veiligheid

De resultaten gedocumenteerd in dit memorandum vormen een eerste stap in het verkrijgen van inzicht in de integrale veiligheid van Schiphol bij een relatief kleine toename van het verkeersvolume. In dit verband wordt de term “integraal” beschouwd als “alles omvattend”. Dit betekent dat alle mogelijke oorzaken van onveiligheid worden meegenomen, en dat bijvoorbeeld niet alleen verkeersleidingsaspecten beschouwd worden. Dit betekent ook dat veiligheid niet op basis van een geïsoleerd gezichtspunt vanuit één van de sectorpartijen wordt beschouwd, maar juist vanuit een integraal perspectief. Hierbij zal dus nadrukkelijk aandacht moeten zijn voor interacties en interfaces tussen de sectorpartijen. De integrale veiligheid is daarbij niet gelijk aan de som van de delen, zoals dat vanuit het perspectief van de individuele partijen naar voren kan komen. Soms kunnen activiteiten of initiatieven vanuit het gezichtspunt van een individuele partij gunstig lijken voor de veiligheid, maar in het bredere perspectief ongunstig uitwerken. Dit wordt ondervangen door aandacht te besteden aan de interfaces tussen de sectorpartijen. Belangrijke aspecten zijn hierbij hoe de partijen onderling communiceren over veiligheidsonderwerpen en –initiatieven, en hoe de onderlinge veiligheidsgegevens worden uitgewisseld en verwerkt. Dit is het domein van het zogenaamde integraal veiligheidsmanagement. In het OVV-rapport zijn ten aanzien van het huidige integraal veiligheidsmanagement op Schiphol enkele kritische kanttekeningen geplaatst. Het Veiligheidsplatform Schiphol (VpS) is momenteel bezig met de ontwikkeling van een Integrated Safety Management System (iSMS).

Uit het OVV-rapport blijkt echter ook dat er geen signalen zijn dat de huidige situatie als onveilig moet worden beschouwd. De vraag is of bij een beperkte groei van vliegverkeer dit niveau van veiligheid kan worden behouden. Voor de integrale veiligheidsanalyse wordt deze vraag vertaald in de vraag of het aantal ongevallen over een bepaalde tijdsperiode gelijk kan blijven bij beperkte groei. Daarom wordt gekeken naar het effect van groei op de ongevalsrisico's per beweging. Om hetzelfde niveau van veiligheid te behouden moeten deze effecten worden gemitigeerd, zodat de

ongevalskans per beweging gelijk blijft. Deze mitigaties worden in het vervolg van de integrale veiligheidsanalyse beschouwd. Bij een gelijke kans per beweging en een groei van vliegbewegingen zal het aantal ongevallen toenemen. De mitigaties voor dit effect zullen ook in het vervolg beschouwd worden.

Deze studie richt zich op de kans op een *ongeval*. Minder ernstige *incidenten* worden niet beschouwd. Een ongeval is een voorval waarbij een persoon fataal of ernstig letsel oploopt of waarbij het vliegtuig significante schade oploopt. Een volledige definitie van een ongeval wordt gegeven in ICAO Annex 13 [ICAO, 2001]. Over het algemeen verschillen ongevallen en incidenten alleen in de mate van letsel of schade. Effecten van groei op de ongevalskans zijn daarom evenzeer van toepassing op de kans op incidenten. Voor de huidige studie wordt om deze reden aangenomen, dat er een vaste verhouding bestaat tussen het aantal incidenten en ongevallen, die niet door groei van het luchtverkeer wordt beïnvloed. Dit betekent dat een bepaald effect van groei in relatieve zin evenzeer doorwerkt op de kans op een ongeval als op de kans op een incident. Het totaal van de kans op een incident en de kans op een ongeval wordt de voorvalkans genoemd. Dus ook voor de effecten van groei op de kans op een ongeval of voorval geldt dat deze in relatieve zin aan elkaar gelijk zijn. In die zin zijn ongevalskans of voorvalkans in de huidige studie feitelijk synoniemen. Voor sommige categorieën is het echter mogelijk dat deze hypothese niet volledig juist is en dat het effect van groei op de incidentkans en de ongevalskans niet gelijk zijn. In dat geval prevaleert de ongevalskans.

Als laatste dient opgemerkt te worden dat deze studie zich richt op vliegveiligheid. Dat wil zeggen dat er gekeken wordt naar voorvallen die betrekking hebben op de operatie van een vliegtuig tussen de tijd dat een persoon aan boord gaat met de intentie te gaan vliegen tot de tijd dat iedereen van boord is. Er wordt dus niet gekeken naar Arbeidsgerelateerde ongevallen gedurende onderhoud of afhandeling met niemand aan boord. Er wordt ook niet gekeken naar voorvallen veroorzaakt door bewust onwettelijke handelingen. Er wordt ook niet specifiek gekeken naar externe veiligheid, alhoewel vliegveiligheid (de kans op een ongeval) een belangrijk onderdeel is van de vaststelling van externe veiligheid, naast de gevlogen banen en de bebouwing rond deze banen.



## 3 Resultaten van selectie ongevalscategorieën

### 3.1 Resultaten van alle ongevalscategorieën

Het CAST-ICAO Common Taxonomy Team heeft een lijst van categorieën opgesteld [ICAO, 2013] om te gebruiken voor het classificeren van voorvallen (ongevallen en incidenten). In dit rapport worden deze categorieën ongevalscategorieën genoemd. Met de ongevalscategorieën is het mogelijk om gegevensanalyses ten behoeve van veiligheidsinitiatieven uit te voeren. Dit maakt de categorieën ook bij uitstek geschikt om een brede analyse te maken van de effecten van een groei in vliegbewegingen. In totaal zijn er 36 verschillende categorieën gedefinieerd, die het hele spectrum aan voorvallen afdekken. Hierbij moet er rekening gehouden worden dat een enkel ongeval geclassificeerd kan worden onder meerdere categorieën. Een runway overrun als gevolg van een lange landing valt onder Abnormal Runway Contact (ARC) en runway excursion (RE). Ook kunnen sommige factoren een rol spelen bij meerdere ongevalscategorieën. Een onstabiele nadering<sup>5</sup> kan bijvoorbeeld bijdragen aan een Loss-of-Control In-flight (LOC-I), maar ook aan een harde landing (ARC) of undershoot (USOS).

Er zijn 8 categorieën geïdentificeerd waar geen effect van groei op het voorval wordt voorzien, en eveneens 8 categorieën die niet van toepassing zijn voor de commerciële operaties met *fixed wing* vliegtuigen op Schiphol (zoals bijvoorbeeld "Glider Towing Related Events (GTOW)"). Dit betekent dat er 20 categorieën overblijven met een zeker of mogelijk effect van groei. Voor een aantal categorieën (LOC-G, AMAN, ATM/CNS, NAV) geldt dat er een effect kan zijn van groei, maar dat dit zich altijd zal uiten in een ongeval in een andere categorie. Deze effecten zullen worden meegenomen in de categorie van het resulterende ongeval. Voor twee categorieën (EVAC en F-POST) geldt dat deze altijd vooraf worden gegaan door een ongeval in een andere categorie. Deze effecten zullen worden meegenomen in de categorie van het ongeval dat eraan voorafgaat.

Tabel 2 geeft een overzicht van de resultaten. In sectie 3.2 wordt een korte onderbouwing voor alle resultaten gegeven. Voor 17 categorieën is een uitgebreidere onderbouwing gegeven (Sectie 3.3 t/m 3.19).

Tabel 2: groei-effect per ongevalscategorie

<b>ABNORMAL RUNWAY CONTACT (ARC)</b>	Mogelijk effect
<b>ABRUPT MANEUVER (AMAN)</b>	Effect
<b>AERODROME (ADRM)</b>	Mogelijk effect
<b>AIRPROX/TCAS ALERT/LOSS OF SEPARATION/NEAR MIDAIR COLLISIONS/MIDAIR COLLISIONS (MAC)</b>	Effect
<b>ATM/CNS (ATM)</b>	Effect
<b>BIRD (BIRD)</b>	Mogelijk effect
<b>CABIN SAFETY EVENTS (CABIN)</b>	Geen effect
<b>COLLISION WITH OBSTACLE(S) DURING TAKEOFF AND LANDING (CTOL)</b>	Geen effect
<b>CONTROLLED FLIGHT INTO OR TOWARD TERRAIN (CFIT)</b>	Mogelijk effect
<b>EVACUATION (EVAC)</b>	Effect
<b>EXTERNAL LOAD RELATED OCCURRENCES (EXTL)</b>	Niet van toepassing
<b>FIRE/SMOKE (NON-IMPACT) (F-NI)</b>	Geen effect
<b>FIRE/SMOKE (POST-IMPACT) (F-POST)</b>	Effect
<b>FUEL RELATED (FUEL)</b>	Mogelijk effect

<sup>5</sup> Wij gebruiken de definitie zoals gebruikt door de Flight Safety Foundation [FSF, 2009]

GLIDER TOWING RELATED EVENTS ( <i>GTOW</i> )	Niet van toepassing
GROUND COLLISION ( <i>GCOL</i> )	Effect
GROUND HANDLING ( <i>RAMP</i> )	Effect
ICING ( <i>ICE</i> )	Geen effect
LOSS OF CONTROL-GROUND ( <i>LOC-G</i> )	Effect
LOSS OF CONTROL-INFLIGHT ( <i>LOC-I</i> )	Mogelijk effect
LOSS OF LIFTING CONDITIONS EN ROUTE ( <i>LOLI</i> )	Niet van toepassing
LOW ALTITUDE OPERATIONS ( <i>LALT</i> )	Niet van toepassing
MEDICAL ( <i>MED</i> )	Geen effect
NAVIGATION ERRORS ( <i>NAV</i> )	Effect
OTHER ( <i>OTHR</i> )	Niet van toepassing
RUNWAY EXCURSION ( <i>RE</i> )	Effect
RUNWAY INCURSION ( <i>RI</i> )	Effect
SECURITY RELATED ( <i>SEC</i> )	Niet van toepassing
SYSTEM/COMPONENT FAILURE OR MALFUNCTION (NON-POWERPLANT) ( <i>SCF-NP</i> )	Geen effect
SYSTEM/COMPONENT FAILURE OR MALFUNCTION (POWERPLANT) ( <i>SCF-PP</i> )	Mogelijk effect
TURBULENCE ENCOUNTER ( <i>TURB</i> )	Effect
UNDERSHOOT/OVERSHOOT ( <i>USOS</i> )	Mogelijk effect
UNINTENDED FLIGHT IN IMC ( <i>UIMC</i> )	Niet van toepassing
UNKNOWN OR UNDETERMINED ( <i>UNK</i> )	Niet van toepassing
WILDLIFE ( <i>WILD</i> )	Geen effect
WIND SHEAR OR THUNDERSTORM ( <i>WSTRW</i> )	Geen effect

## 3.2 Onderbouwing per ongevalscategorie

### ABNORMAL RUNWAY CONTACT (ARC)

Resultaat: mogelijk effect

Een uitgebreide onderbouwing wordt gegeven in sectie 3.3.

### ABRUPT MANEUVER (AMAN)

Resultaat: effect

Deze ongevalscategorie omvat onder andere voorvallen van abrupte manoeuvres om ander verkeer te ontwijken. Meer verkeer in het luchtruim, betekent dat er een grotere kans is ander verkeer tegen te komen en dus ook dat er een grotere kans is dat een abrupte manoeuvre nodig is om dit verkeer te ontwijken. De groei van vliegverkeer vergroot daarom de kans van optreden van deze ongevalscategorie. Zie voor verdere uitwerking sectie 3.4.

### AERODROME (ADRM)

Resultaat: mogelijk effect

Een uitgebreide onderbouwing wordt gegeven in sectie 3.5.

### AIRPROX/TCAS ALERT/LOSS OF SEPARATION/NEAR MIDAIR COLLISIONS/MIDAIR COLLISIONS (MAC)

Resultaat: effect

Een groei van vliegverkeer betekent dat er meer verkeer is in het luchtruim. Dit resulteert in een grotere kans op een midair collision per beweging. Zie voor verdere uitwerking sectie 3.6.

### ATM/CNS (ATM)

#### Resultaat: effect

Een toename van verkeer vergroot de werklust van een verkeersleider. Het is daarom mogelijk dat de verkeersleiders verhoudingsgewijs meer fouten gaan maken - al is er geen eenduidig verband tussen werklust en het maken van fouten. Strikt genomen is er een mogelijk verband: verkeersgroei leidt tot een zwaardere belasting van de verkeersleiding en dat leidt mogelijk tot meer fouten, en dus tot meer ATM/CNS gerelateerde voorvallen. Zie voor verdere uitwerking sectie 3.7.

### BIRD (BIRD)

#### Resultaat: mogelijk effect

Een uitgebreide onderbouwing wordt gegeven in sectie 3.8.

### CABIN SAFETY EVENTS (CABIN)

#### Resultaat: geen effect

Deze ongevalscategorie betreft gebeurtenissen in het vliegtuig. Deze gebeurtenissen zijn onafhankelijk van groei van vliegverkeer.

### COLLISION WITH OBSTACLE(S) DURING TAKEOFF AND LANDING (CTOL)

#### Resultaat: geen effect

De groei in het aantal bewegingen heeft geen invloed op de aanwezigheid van obstakels. De groei heeft wel invloed op de gebruikte vliegpaden, maar binnen het huidige operationele concept zullen er geen vliegpaden gevlogen gaan worden die onveiliger zijn met betrekking tot obstakels.

### CONTROLLED FLIGHT INTO OR TOWARD TERRAIN (CFIT)

#### Resultaat: mogelijk effect

Een uitgebreide onderbouwing wordt gegeven in sectie 3.9.

### EVACUATION (EVAC)

#### Resultaat: effect

Deze ongevalscategorie betreft gebeurtenissen in en om het vliegtuig ten tijde van een evacuatie, bijvoorbeeld letsel als gevolg van een evacuatie. Omdat er meerdere ongevalscategorieën zijn waarvoor geldt dat de groei in verkeer een effect heeft op de ongevalskans per beweging, geldt dat ook voor deze categorie. De evacuatie is ten slotte het gevolg van een ongeval. De kans dat er na een ongeval letsel ontstaat ten tijde van de evacuatie verandert niet met groei, het is daarom voldoende om de categorieën te beschouwen waarbinnen de ongevallen vallen die voorafgaan aan evacuaties. Deze categorie wordt daarom niet apart beschouwd.

## EXTERNAL LOAD RELATED OCCURRENCES (EXTL)

**Resultaat: niet van toepassing**

Deze ongevals categorie betreft voorvallen bij vervoer van een externe lading. In de commerciële luchtvaart met *fixed wing* vliegtuigen komt zulk vervoer niet voor. De categorie is daarom niet van toepassing voor deze studie.

## FIRE/SMOKE (NON-IMPACT) (F-NI)

**Resultaat: geen effect**

Deze categorie omvat voorvallen van brand en rook aan boord van een vliegtuig of brand en rook veroorzaakt door systeemfalen. Deze gebeurtenissen zijn gerelateerd aan een individueel vliegtuig en groei van vliegverkeer heeft daarom geen effect op de kans van optreden per vlucht. De kans op brand is bij passagiersvliegtuigen lager dan bij vrachtverkeer. Omdat er vanuit wordt gegaan dat er verhoudingsgewijs niet significant meer vrachtverkeer komt, heeft dit geen nadelig effect op de gemiddelde ongevalskans per beweging binnen deze categorie.

## FIRE/SMOKE (POST-IMPACT) (F-POST)

**Resultaat: effect**

Deze categorie omvat voorvallen van brand of rook veroorzaakt door een impact van een ongeval. Deze categorie wordt altijd gebruikt in combinatie met een andere categorie, namelijk de categorie waarbinnen het ongeval valt. Omdat er meerdere ongevalscategorieën zijn waarvoor geldt dat de groei in verkeer een effect heeft op de ongevalskans per beweging, geldt dat ook voor deze categorie. De kans dat een ongeval brand of rook veroorzaakt verandert niet met groei, het is daarom voldoende om de categorieën te beschouwen waarbinnen de ongevallen vallen die brand veroorzaken. Deze categorie wordt daarom niet apart beschouwd.

## FUEL RELATED (FUEL)

**Resultaat: mogelijk effect**

Een uitgebreide onderbouwing wordt gegeven in sectie 3.10.

## GLIDER TOWING RELATED EVENTS (GTOW)

**Resultaat: niet van toepassing**

Deze categorie betreft voorvallen gerelateerd aan het slepen van zweefvliegtuigen en is daarom niet van toepassing.

## GROUND HANDLING (RAMP)

**Resultaat: effect**

Een uitgebreide onderbouwing wordt gegeven in sectie 3.11.

## GROUND COLLISION (GCOL)

**Resultaat: effect**

Een groei van vliegverkeer betekent dat er meer verkeer is op de luchthaven. Dit resulteert in een grotere kans op botsingen per beweging. Zie voor verdere uitwerking sectie 3.12.

## ICING (ICE)

**Resultaat: geen effect**

Icing is direct gekoppeld aan de kans dat een vlucht onder bepaalde weersomstandigheden vertrekt. Deze kans is niet afhankelijk van groei. Hierbij wordt aangenomen dat de groei van vliegverkeer niet voornamelijk in de winter ligt. Er wordt daarnaast aangenomen dat er voldoende de-icingcapaciteit is om de beperkte groei van bewegingen aan te kunnen.

## LOSS OF CONTROL–INFLIGHT (LOC–I)

**Resultaat: mogelijk effect**

Een uitgebreide onderbouwing wordt gegeven in sectie 3.13.

## LOSS OF CONTROL–GROUND (LOC–G)

**Resultaat: effect**

Een uitgebreide uitwerking wordt gegeven in sectie Loss of Control – Ground (LOC-G)3.14.

## LOSS OF LIFTING CONDITIONS EN ROUTE (LOLI)

**Resultaat: niet van toepassing**

Deze categorie betreft voorvallen gerelateerd aan helikopteroperaties en is daarom niet van toepassing op commerciële luchtvaart met *fixed wing* vliegtuigen.

## LOW ALTITUDE OPERATIONS (LALT)

**Resultaat: niet van toepassing**

Deze categorie betreft voorvallen gerelateerd aan het bewust vliegen op lage hoogtes buiten de start en landing om en is daarom niet van toepassing op de commerciële luchtvaart.

## MEDICAL (MED)

**Resultaat: geen effect**

Deze categorie omvat medische problemen van piloten, cabinepersoneel en passagiers. Medische problemen van piloten kunnen de vliegveiligheid in gevaar brengen. Medische problemen zijn echter onafhankelijk van groei van vliegverkeer.

## NAVIGATION ERRORS (NAV)

**Resultaat: effect**

Een uitgebreide onderbouwing wordt gegeven in sectie 3.15.

## OTHER (OTHR)

**Resultaat: niet van toepassing**

Deze categorie omvat voorvallen die in geen van de andere categorieën ingedeeld kunnen worden. De bepaling van de effecten van groei van vliegverkeer is daarom niet mogelijk en deze categorie is niet van toepassing.

### RUNWAY EXCURSION (RE)

**Resultaat: effect**

Er zijn een aantal redenen waarom een groei-effect is te verwachten op de kans van optreden van runway excursions per beweging. De categorie omvat voorvallen van bewuste veer-offs om botsingen te voorkomen bij runway incursions. Er is een mogelijke toename van long landings door verhoogde druk op afhandeling van landende vliegtuigen en er zijn mogelijk relatief meer bewegingen bij ongunstige wind- of baancondities. Zie voor verdere uitwerking sectie 3.16.

### RUNWAY INCURSION (RI)

**Resultaat: effect**

Een groei van vliegverkeer betekent dat er meer verkeer is op de luchthaven. Dit resulteert in een grotere kans op runway incursions per beweging. Zie voor verdere uitwerking sectie 3.17.

### SECURITY RELATED (SEC)

**Resultaat: niet van toepassing**

Deze categorie is niet gerelateerd aan vliegveiligheid en daarom niet van toepassing.

### SYSTEM/COMPONENT FAILURE OR MALFUNCTION (NON-POWERPLANT) (SCF-NP)

**Resultaat: geen effect**

Deze categorie omvat systeemfalen van individuele vliegtuigen. Deze gebeurtenissen zijn onafhankelijk van groei van vliegverkeer.

### SYSTEM/COMPONENT FAILURE OR MALFUNCTION (POWERPLANT) (SCF-PP)

**Resultaat: mogelijk effect**

Deze categorie omvat motorfalen van individuele vliegtuigen. Deze gebeurtenissen zijn onafhankelijk van groei van vliegverkeer. Motorfalen kan geïnitieerd worden door een vogelaanvaring, zoals in sectie 3.8 wordt beschreven is er een mogelijk effect van groei op de kans op een vogelaanvaring. Motorfalen kan ook geïnitieerd worden door Foreign Object Damage (FOD). Zoals in sectie 3.5 wordt beschreven is er een mogelijk effect van groei op de kans op FOD. Er is dus ook een mogelijk groei-effect in de categorie SCF-PP. Omdat vogelaanvaring en FOD onderdeel zijn van respectievelijk de categorie Birdstrike (BIRD) en Aerodrome (ADRM), zijn de effecten van groei in de SCF-PP categorie hiermee direct gekoppeld, en zullen derhalve in de betreffende categorie verder behandeld worden.

### TURBULENCE ENCOUNTER (TURB)

**Resultaat: effect**

Een uitgebreide onderbouwing wordt gegeven in sectie 3.18.



## UNDERSHOOT/OVERSHOOT (USOS)

**Resultaat: mogelijk effect**

Een uitgebreide onderbouwing wordt gegeven in sectie 3.19.

## UNINTENDED FLIGHT IN IMC (UIMC)

**Resultaat: niet van toepassing**

Deze categorie omvat voorvallen van het onbedoeld vliegen in Instrument Meteorological Conditions (IMC). Deze voorvallen zijn niet van toepassing op de commerciële luchtvaart.

## UNKNOWN OR UNDETERMINED (UNK)

**Resultaat: niet van toepassing**

Deze categorie wordt gebruikt wanneer er onvoldoende informatie beschikbaar is over een ongeval om deze te categoriseren en is daarom niet van toepassing.

## WILDLIFE (WILD)

**Resultaat: geen effect**

Voorvallen gerelateerd aan botsingen met dieren zijn niet gerelateerd aan de hoeveelheid verkeer. Er is een mogelijk effect van het type verkeer. Er gaan in de toekomst steeds meer vliegtuigen met stillere motoren op Schiphol opereren. In sectie 3.8 over vogelaanvaringen worden studies aangehaald die stellen dat vliegtuigen met stillere motoren een grotere kans hebben op een vogelaanvaring. Dit zou komen omdat de vogels de vliegtuigen te laat opmerken door het mindere geluid dat ze produceren. Dit zou ook kunnen gelden voor aanvaringen met andere dieren. Er is echter geen consensus over dit effect. Stillere vliegtuigen hebben doorgaans grotere motorinlaten. Met een grotere motorinlaat neemt het frontale oppervlak toe en daarmee ook de kans op een vogelaanvaring. Dit geldt niet voor aanvaringen met andere dieren op de grond. Beide effecten versterken elkaar - in tegenstelling tot bij vogelaanvaringen - dus niet. Er wordt daarom vanuit gegaan dat er geen effect is van groei.

## WIND SHEAR OR THUNDERSTORM (WSTRW)

**Resultaat: geen effect**

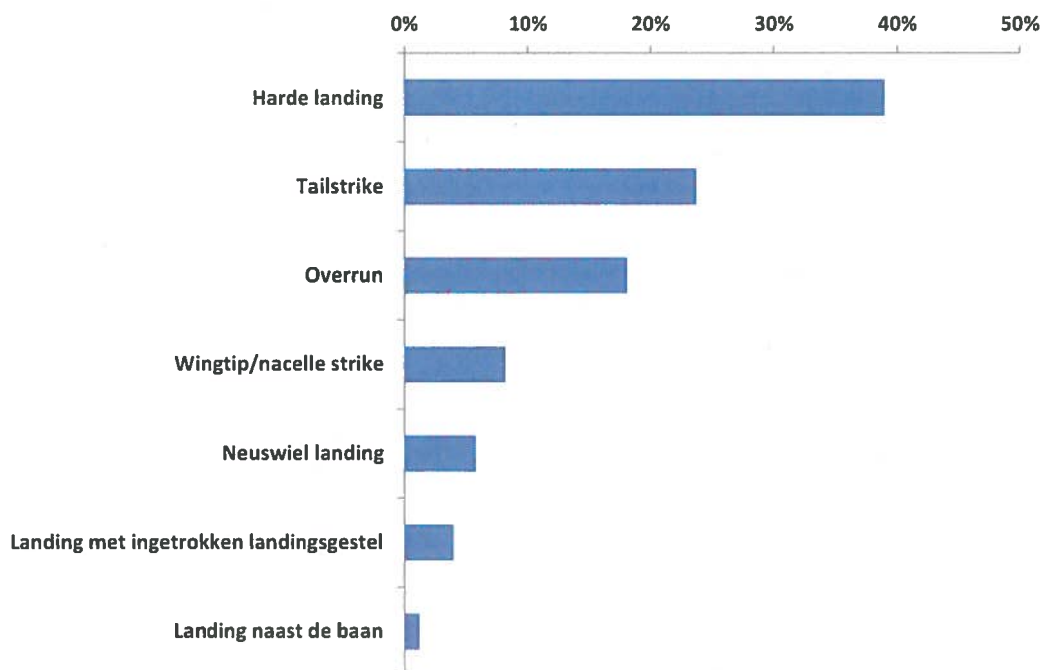
De voorvallen binnen deze categorie zijn niet gerelateerd aan de hoeveelheid verkeer. De druk op de operatie bij een groei van verkeer heeft geen effect op wanneer binnen het huidige operationele concept gevlogen wordt. De blootstelling aan noodweer zal relatief dan ook niet toenemen.



## 3.3 Abnormal Runway Contact (ARC)

### 3.3.1 Achtergronden

De categorie ARC – ‘Abnormal Runway Contact’ omvat voorvallen waarbij er tijdens de start of landing een niet normaal contact met de baan is. In deze categorie zitten voorvallen zoals harde landingen, lange/snelle landingen, off center landingen (deels naast de baan), neuswiel landingen, ‘tail strikes’ (staart van een vliegtuig raakt de grond tijdens de start of landing), and ‘wingtip/nacelle strikes’ (vleugeltip of motorgondel raken de grond tijdens de start of landing). Landingen waarbij de vlieger vergeten was het landingsgestel uit te doen vallen ook onder deze categorie. Figuur 3 laat het frequentiediagram zien voor de diverse voorvallen die onder ARC vallen. De data zijn afkomstig uit de NLR Air Safety Database voor de periode 1995-2016 en hebben betrekking op ongevallen<sup>6</sup> met commerciële vliegtuigen in West-Europa en Noord-Amerika. Harde landingen zijn de meest voorkomende gevallen en kunnen leiden tot het bezwijken van het landingsgestel of tot grote schade waardoor het landingsgestel vervangen moet worden. Een aantal voorvallen uit Figuur 3 is exclusief gekoppeld aan de landing fase. Een tailstrike kan echter zowel tijdens de start als de landing optreden. Het merendeel heeft echter plaatsgevonden tijdens de startfase. Ook wingtip/nacelle strikes kunnen in zowel de start- als de landingsfase gebeuren. De data laten zien dat de meeste wingtip/nacelle strikes ook plaatsvonden tijdens de landing. Overruns staan ook in dit overzicht omdat deze gekoppeld zijn aan een lange landing<sup>7</sup>. Een lange landing wordt normaal niet echt als voorval beschouwd maar meer als causale factor.



Figuur 3: Frequentie van voorvallen uit de categorie ARC (Bron: NLR).

<sup>6</sup> Volgens definitie van ICAO Annex 13.

<sup>7</sup> Een landing wordt als lang geclassificeerd wanneer de afstand van de baandrempel tot aan het eerste baancontact meer dan ongeveer 600-700 m is.

Er zijn diverse onderliggende oorzaken voor een ARC-voorval. Figuur 4 geeft een overzicht van de belangrijkste oorzaken (bron: NLR Air Safety Database).

Het incorrect afvangen tijdens de landingsfase is de grootste causale factor. Het afvangen van het vliegtuig gebeurt vlak voordat het vliegtuig de grond raakt. Tijdens het afvangen brengt de vlieger de neus omhoog waardoor de daalsnelheid wordt verminderd. Dit is nodig om er voor te zorgen dat het contact met de baan niet dusdanig is dat er te grote belastingen op het landingsgestel komen (boven de ontwerplimieten). Wanneer dit wel het geval is kan dit resulteren in schade aan het landingsgestel of het bezwijken van de landingspoot.

Als een vlieger te vroeg begint met afvangen kan de afstand van de baandrempel tot aan grondcontact langer worden dan de afstand waarmee de vliegtuigfabrikant rekent voor de benodigde landingsafstand<sup>8</sup>. Dit verhoogt het risico op een overrun (het niet tijdig kunnen stoppen op de landingsbaan) [Van Es, 2005]. Dit valt onder de categorie 'runway excursions' die apart worden beschouwd.

Andere belangrijke oorzaken voor een ARC-voorval zijn het vliegen met een te hoge voorwaartse snelheid of een te hoge daalsnelheid. Dit is vaak het resultaat van een onstabiele nadering. Een hoge voorwaartse snelheid kan leiden tot een harde landing maar ook tot een te lange landing. Een te hoge daalsnelheid kan ook resulteren in een harde landing, zeker als het afvangen niet goed of tijdig gebeurt. Als de daalsnelheid heel hoog is dan zal een normale afvangtechniek ook niet kunnen voorkomen dat het vliegtuig hard tegen de grond aankomt. Wanneer de daalsnelheid de ontwerplimieten passeert kan de landingspoot afbreken of zwaar beschadigen.

Sterke zijwind kan problemen opleveren met het besturen van het vliegtuig. Vaak gaat een hoge zijwind gepaard met sterke windstoten. Dicht bij de grond kan dat resulteren in een landing op één landingspoot. Dit kan in een uiterst geval (bijvoorbeeld met een grote zijwaartse beweging) ervoor zorgen dat de poot afbreekt of beschadigd raakt. Op de meeste vliegtuigen gebeurt dit volgens het ontwerp om te voorkomen dat het landingsgestel een brandstoftank kan beschadigen.

Staartwind verhoogt de afstand die een landend vliegtuig aflegt tussen de baandrempel en het landen op de baan. Sterke staartwind tijdens de landing kan daarom resulteren in lange landingen. Sterke staartwind tijdens de nadering kan ook resulteren in een onstabiele nadering zoals een te hoge daalsnelheid om op het glijpad te blijven. Vliegprocedures (Standard Operating Procedures) van luchtvaartmaatschappijen schrijven voor dat een onstabiele nadering moet worden afgebroken. Indien dit niet gebeurt, kan dit leiden tot een ARC. Een ARC kan ook gerelateerd zijn aan het doorzetten van een landing ondanks dat bepaalde criteria niet zijn behaald (bijvoorbeeld baan in zicht op een minimale hoogte). Verder zijn voorvallen waarbij de vliegers het landingsgestel waren vergeten uit te doen ook vaak te koppelen aan het niet volgen van vliegprocedures.

Verkeerde prestatieberekeningen voor de start kunnen leiden tot te lage snelheden waarbij het vliegtuig tijdens de start moet worden geroteerd door de vlieger met als mogelijk resultaat een tailstrike. Vooral het gebruik van verkeerde startgewichten is een bekend probleem.

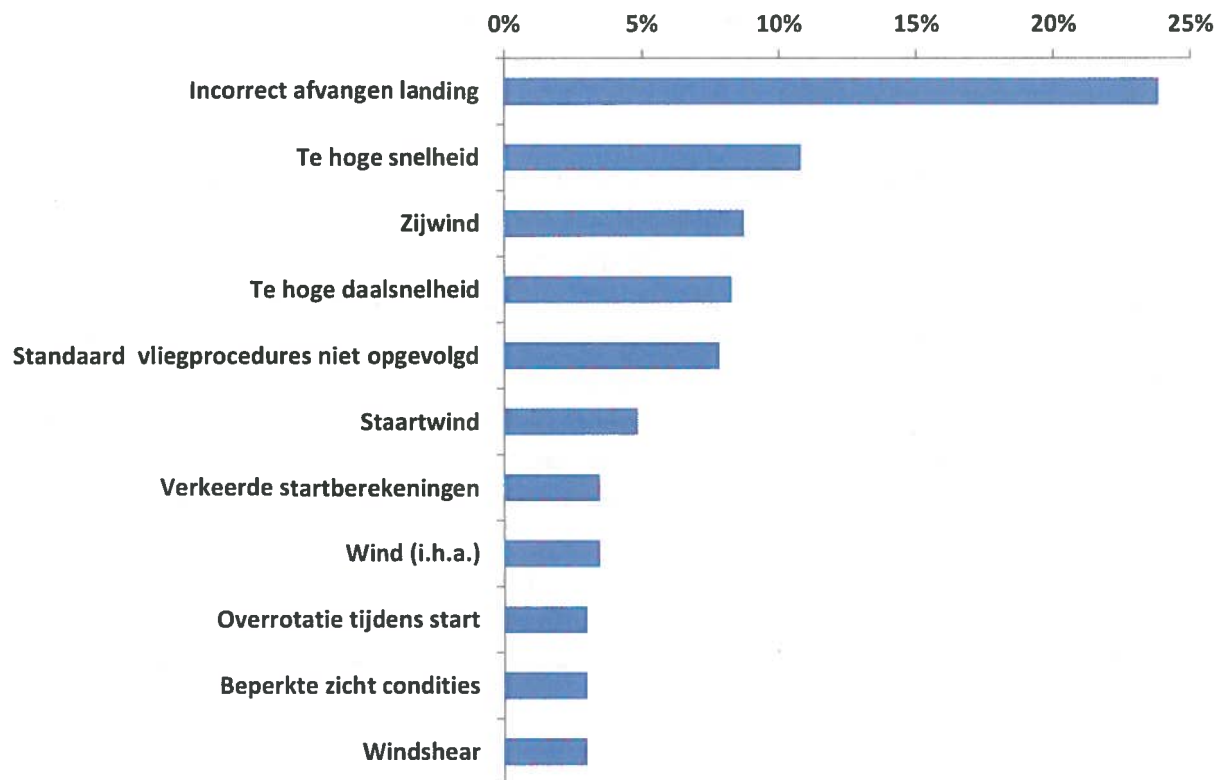
Een overrotatie kan ook leiden tot een tailstrike. Overrotatie kan verschillende onderliggende oorzaken hebben maar is vaak gerelateerd aan de vaardigheden en training van de vliegers. Ook grote windstoten of een sterke zijwind kan

<sup>8</sup> Vliegtuigfabrikanten van civiele verkeersvliegtuigen baseren sinds kort de afstand van de baandrempel tot aan grondcontact op een standaardtijd van 7 seconden en een gemiddelde snelheid die het vliegtuig zou vliegen gegeven het vliegtuiggewicht, stand van de landingskleppen en de wind.

de kans op een overrotatie tijdens de start vergroten [Carbaugh, 2006]. Overrotatie tijdens de landing worden voornamelijk vooraf gegaan door een onstabiele nadering [Craig, 2004]. Daarbij kan ook een verkeerde afvangtechniek een rol spelen.

De factor 'beperkt zicht' speelt een rol wanneer de vliegers niet tijdig de baan kunnen zien tijdens de landing. Dit kan leiden tot een harde landing of een landing naast de baan. Deze factor is vaak gekoppeld aan het niet volgen van de standaard procedures.

Windshear is een plotselinge verandering van de windsnelheid en -richting in horizontale of verticale richting (niet te verwarren met windstoten) over een korte afstand. Dichtbij de grond kan een vliegtuig dat geconfronteerd wordt met windshear plotseling hoogte verliezen waardoor het vliegtuig hard tegen de grond aankomt. Dit kan zowel net na de start (initiële klimfase) als tijdens de nadering plaatsvinden. Windshear kan ook soms leiden tot een lange landing.



Figuur 4: Belangrijkste oorzaken voor ARC voorvallen (bron: NLR).

### 3.3.2 Invloed verkeersgroei op ARCs

De vraag is wat de invloed is van verkeersgroei op Schiphol op de kans op een ARC-voorval. Deze vraag kan worden beantwoord door te kijken naar de invloed van de groei op de belangrijkste oorzaken van een ARC-voorval.

Een van de belangrijkste oorzaken van ARC-voorvallen, incorrect afvangen tijdens de landing, is gerelateerd aan de vaardigheden en trainingen van de vliegers. Omdat er wordt aangenomen dat het type luchtvaartmaatschappijen op Schiphol bij geringe groei in grote mate hetzelfde zal blijven, wordt er ook geen verandering voorzien in vaardigheden en trainingen van vliegers die Schiphol aandoen. Dit wil niet zeggen dat de vliegers van deze operators geen fouten



kunnen maken tijdens het afvangen, maar de kans hierop is een stuk kleiner dan voor andere operators, en zal niet zo snel groter worden. De verwachting is dat een groei dan ook geen effect zal hebben op het relatief aantal keren dat er niet goed wordt afgevangen tijdens de landing.

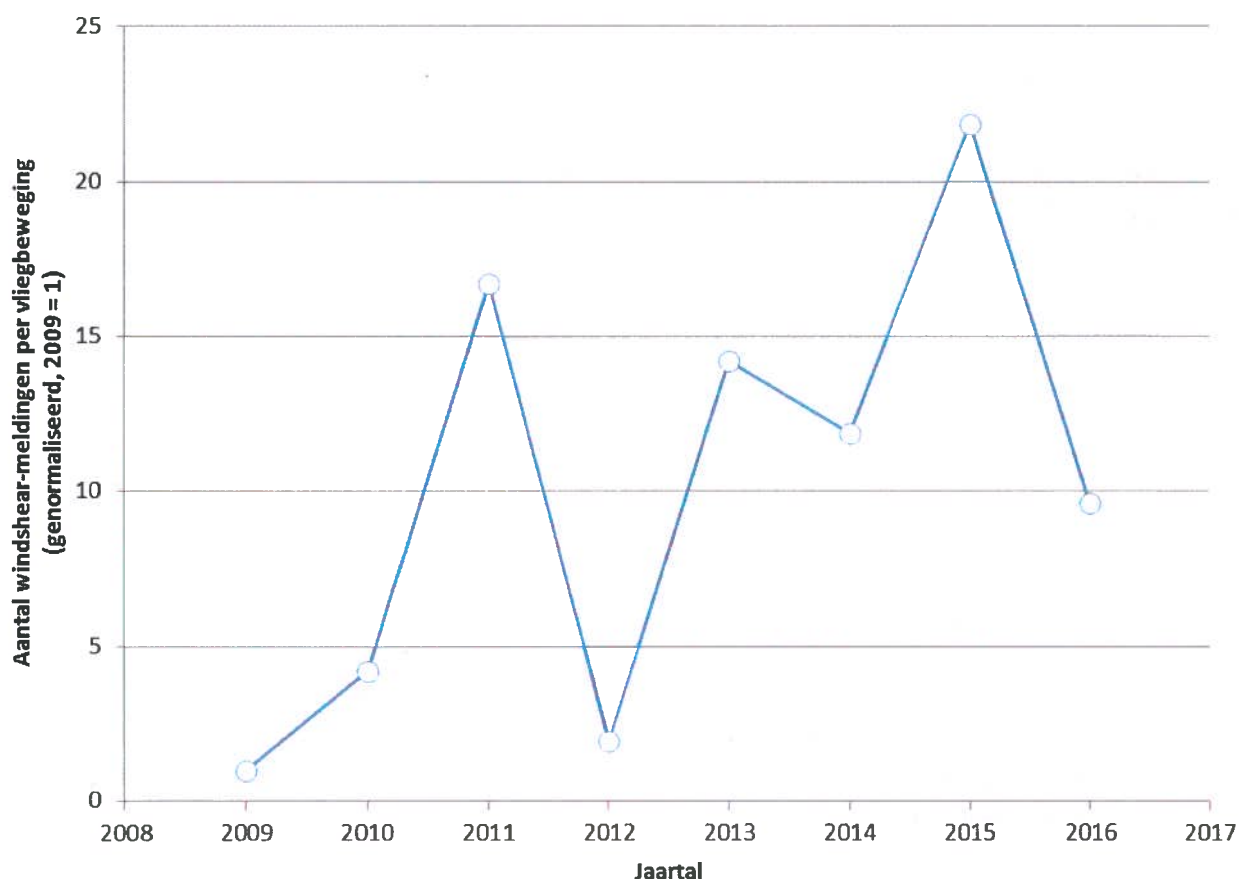
De oorzaken van een te hoge snelheid en te hoge daalsnelheid bij de landing ligt hoofdzakelijk in het doorzetten van een onstabiele nadering [Parisis, 2007]. Onstabiele naderingen hebben een aantal oorzaken die grotendeels vallen onder de categorieën menselijke fouten en het niet houden aan voorgeschreven procedures gezien vanuit de vlieger [IATA, 2016]). Ook externe factoren kunnen een rol spelen, zoals druk vanuit de luchtverkeersleiding om sneller, hoger, en/of korter te vliegen (kort indraaien) en sterke staartwind gedurende de nadering [IATA, 2016 en CANSO, 2017]. Wanneer een nadering onstabiel is, dan moet de vlieger normaal gesproken een doorstart (missed approach) maken en daarna opnieuw proberen te landen. Dit gebeurt om verschillende redenen niet altijd. Het kan zijn dat de vliegers het niet in de gaten hebben doordat de nadering slecht wordt gemonitord of omdat de vliegers denken dat ze later weer stabiel kunnen geraken. De groei van het verkeer kan het aantal onstabiele naderingen vergroten. Een nadere analyse van aantallen EGPWS-waarschuwingen en onstabiele naderingen op Schiphol in de afgelopen jaren is daarvoor nodig, inclusief de reacties van de vliegers op EGPWS-waarschuwingen (doorstart of niet). De kansen op een doorstart dienen ook te worden bestudeerd.

Starten of landen bij sterke windsnelheden (zijwind of staartwind) is een belangrijke factor in ARC-voorvallen. De mate van blootstelling aan sterke zij- en staartwinden hangt deels samen met het windklimaat, oriëntatie van de banen, en het baantoewijzingssysteem. Schiphol staat bekend om zijn periodes waarin met hoge windsnelheden moet worden geopereerd. Het baangebruik op de Schiphol is door het preferentiestelsel (deels) afhankelijk van de windcondities. Wanneer bepaalde limieten worden overschreden zal er van baancombinatie worden veranderd. De groei kan er voor zorgen dat er vaker in ongunstigere windcondities moet worden gevlogen. Op dit moment is het nog niet duidelijk of de groei van de afgelopen jaren dit effect heeft meegebracht en of dit ook bij verdere groei zal kunnen gebeuren. In een nader onderzoek van baangebruik en de windcondities van elke start en landing zal moeten uitwijzen wat de effecten zijn. Hiervoor kunnen de baangebruiksdata en wind voor de afgelopen jaren worden bestudeerd.

De oorzaak overrotatie van het vliegtuig is net als het incorrect afvangen tijdens de landing, vaak gerelateerd aan de vaardigheden en trainingen van de vliegers. De verwachting is dan ook net als voor incorrect afvangen dat een verkeersgroei geen effect zal hebben op het relatief aantal keren dat er wordt overgeroteerd tijdens de start of landing.

Verkeerde berekeningen voor de start is een factor die al heel lang voorkomt. Echter de introductie van computerberekeningen in plaats van het gebruik van handboeken met tabellen en grafieken, heeft er voor gezorgd dat het moeilijker is voor de vliegers om al snel fouten te detecteren. Ook zijn er problemen geconstateerd met de interface van sommige software die gebruikt wordt door de vliegers voor dit soort berekeningen. Veel van dit soort interfaceproblemen zijn in de laatste jaren verbeterd mede als gevolg van aanbevelingen van ongevalonderzoeksbureaus. Een aantal operators heeft ook geprobeerd de handmatige invoer van data in de software zoveel mogelijk te reduceren. Andere maken geen gebruik van vliegtuigprestatiessoftware die door vliegers gebruikt moet worden maar doen alle berekeningen vanuit een centraal punt. Op Schiphol maken de operators zowel gebruik van vliegtuigprestatiessoftware die door de vliegers wordt gebruikt en berekeningen vanuit een centraal punt. Ook zijn er operators die gebruik maken van papieren handboeken om startberekeningen uit te voeren. De verwachting is dat een groei op Schiphol niet zal leiden tot een hogere frequentie van het aantal voorvallen waarbij er verkeerde startprestatieberekeningen zijn gedaan. Hoewel de werkdruk wellicht omhoog kan gaan bij de vliegers, is dit niet een primaire factor gebleken in voorvallen waarin de vliegers fouten maakte met startberekeningen [ATSB, 2011].

De meeste vliegtuigen op Schiphol hebben een windshear-waarschuwingssysteem wat de vliegers een melding geeft wanneer ze door een windshear-gebied heen vliegen. Op sommige vliegtuigen zit ook een systeem wat al waarschuwt voordat het vliegtuig in een windshear komt. Wanneer een vliegtuig in een windshear komt moet de vlieger de windshear recovery procedures volgen. Dat kan zijn een doorstart tijdens de nadering met vol vermogen zonder het veranderen van de klepstanden, of selecteren van vol vermogen tijdens de start. Windshear kan in principe op elke luchthaven voorkomen. Echter, sommige luchthavens hebben er veel vaker last van dan andere. Dit heeft te maken met de ligging van een luchthaven en het heersende klimaat. Op Schiphol komt windshear ook voor maar niet in al te grote mate. Figuur 5 toont het aantal keren dat er door KLM windshear is gemeld per vliegbeweging (genormaliseerd) op Schiphol voor de periode 2009-2016. Hieruit blijkt dat er mogelijk een trend waarneembaar is over de periode waarin het verkeer groeide. De kans op het meteorologische fenomeen neemt niet toe, maar de kans dat vluchten daar last van hebben neemt bij een hogere verkeersintensiteit mogelijk wél toe. Er zijn bij een hoger verkeersaanbod ook minder mogelijkheden voor re-routing en om andere banen in te zetten om windshear-gebieden te ontlopen. De schommelingen in de data kunnen echter ook worden veroorzaakt door bijvoorbeeld toeval en de natuurlijke variaties in het weer gedurende de periode. Er kan daarom nog niet worden geconcludeerd dat de groei van het verkeer geen veranderingen van de kans op een windshear-voorval zal teweegbrengen.



Figuur 5: Windshear-meldingen op Schiphol (bron: KLM).

De factor 'beperkt zicht' heeft meestal te maken met vliegers die een landing doorzetten zonder dat ze de baan in zicht hebben op de minimale voorgeschreven hoogte. Dit komt veel vaker voor op luchthavens waar beperkte naderingshulpmiddelen beschikbaar zijn dan op luchthavens waar deze middelen er wel zijn. De meeste landingsbanen op Schiphol zijn uitgerust met een CAT III ILS-installatie, wat de hoogste categorie in naderingshulpmiddelen is. Dat betekent dat vliegtuigen die een volledige automatische landing kunnen uitvoeren,



zonder probleem kunnen landen bij extreem slechte zichtcondities. Dit geldt voor de meeste vliegtuigen die op Schiphol opereren (zoals alle vliegtuigen van Airbus en Boeing). De groei van het vliegverkeer zal dan ook niet leiden tot een toename van de kans per vliegbeweging op een ARC-ongeval als gevolg van beperkte zichtcondities.

### 3.3.3 Conclusie

Voor niet alle factoren die gerelateerd zijn aan ARC kan met zekerheid worden gesteld dat er geen effecten zijn van de groei van vliegverkeer. De invloed van de groei op onstabiele naderingen dient verder te worden bestudeerd en er moet na worden gegaan of groei ervoor zorgt dat er vaker in ongunstigere windcondities moet worden gevlogen. Er kan daarnaast nog niet worden geconcludeerd dat de groei van het verkeer geen veranderingen van de kans op een windshear-voorval zal teweegbrengen.

## 3.4 Abrupt Maneuver (AMAN)

### 3.4.1 Achtergronden

De categorie Abrupt Maneuver (AMAN) betreft voorvallen waarbij de bemanning met intentie een abrupte manoeuvre uitvoert. Deze categorie omvat twee scenario's:

- a) In de lucht: hier kan het gaan om abrupte manoeuvres om terrein, obstakels, weer<sup>9</sup> of andere vliegtuigen te ontwijken;
- b) Op de grond: dit betreft onder andere hard remmen of plotseling van richting veranderen om een botsing te vermijden.

Indien de bovenstaande scenario's tot schade leiden dan valt het in de categorie AMAN. De schade kan bestaan uit letsel aan inzittenden door de onaangekondigde standverandering van het vliegtuig en/of door schade of storing ten gevolge van overbelasting van systemen of componenten.

#### **Relatie met andere ongevalscategorieën**

De AMAN-classificatie heeft een sterke relatie met de andere ongevalscategorieën. Zo kan een AMAN-voorval leiden tot een extreme vliegstand of tot overschrijding van de maximale invalshoek met Loss of Control Inflight (LOC-I) tot gevolg. Ook kan AMAN leiden tot het falen van systemen en componenten door overbelasting. Hierbij is een relatie met System/Component Failure or Malfunction – Non Powerplant (SCF-NP) of System/Component Failure or Malfunction – Powerplant (SCF-PP).

Belangrijke oorzaken voor een AMAN-voorval zijn:

- Uitwijken voor onverwacht verkeer op de grond of door een (terecht of onterechte) melding van verkeersleiding (bijvoorbeeld naar aanleiding van een terecht of onterecht RIAS Alert)

<sup>9</sup> Hierbij wordt aangenomen dat de factor "weer" alleen van invloed is op VFR-vluchten. IFR-vluchten in de Schiphol TMA zullen voldoende training en uitrusting hebben om geen onverwachte manoeuvres te moeten maken voor meteorologische omstandigheden.

- Uitwijken voor onverwacht verkeer in de lucht:
  - Dit kan op grotere hoogte zijn naar aanleiding van een TCAS-melding, een (terechte of onterechte) melding voor verkeersleiding of door een (terechte of onterechte) visuele waarneming;
  - Zoals vermeld bij MAC is op lagere hoogte (onder de 1000 tot 2000 ft) TCAS niet werkzaam. Onder deze hoogte kan AMAN optreden door een (terechte of onterechte) melding voor verkeersleiding of door een (terechte of onterechte) visuele waarneming.

### 3.4.2 Invloed verkeersgroei op AMAN

De vraag is wat de invloed is van verkeersgroei op Schiphol op de kans op een AMAN-voorval. Deze vraag kan worden beantwoord door te kijken naar de invloed van de groei op de belangrijkste oorzaken van een AMAN-voorval. De oorzaken van AMAN-ongevallen liggen hoofdzakelijk in:

1. De geoefendheid en fysieke toestand van de bemanningen en verkeersleiding
2. Het voorkomen van loss of separation op de grond
3. Het voorkomen van onverwacht loss of separation in de lucht
4. Het optreden van onterechte waarnemingen

#### ***De geoefendheid en vermoeidheid van de bemanningen en verkeersleiding.***

Omdat er wordt aangenomen dat het operationele concept en de verkeersleiding gelijk blijft en het type luchtvaartmaatschappijen op Schiphol bij geringe groei in grote mate hetzelfde zal blijven mag er aangenomen worden dat de kans per beweging van het optreden van een AMAN-ongeval door de toestand van de bemanning niet zal veranderen.

#### ***Het voorkomen van loss of separation op de grond***

Uit de analyse van het GCOL-scenario blijkt dat: *de kans op GCOL per beweging neemt toe met de dichtheid van het verkeer op dat moment.* Er wordt aangenomen dat het percentage AMAN-gevallen bij verlies van separatie onafhankelijk is van het aantal bewegingen op Schiphol. Met andere woorden: als het aantal bijna-botsingen toeneemt dan zal het aantal AMAN-voorvallen evenredig toenemen. En, indien het aantal GCOL-voorvallen per beweging gelijk blijft dan zal het aantal AMAN-voorvallen per beweging ook gelijk blijven.

#### ***Het voorkomen van onverwacht loss of separation in de lucht***

Voor een mid-air collision (MAC) wordt gesteld dat: *De kans op een MAC per vlucht neemt toe met de dichtheid van het verkeer op dat moment.* Ook hier wordt aangenomen dat het percentage AMAN-voorvallen per loss of separation gelijk blijft. Met andere woorden: als het aantal bijna-botsingen toeneemt dan zal het aantal AMAN-voorvallen evenredig toenemen. En, indien het aantal voorvallen per beweging gelijk blijft dan zal het aantal AMAN-voorvallen per beweging ook gelijk blijven.

#### ***Het optreden van onterechte waarnemingen***

In de luchtvaart wordt veel energie gestoken in het voorkomen van onterechte waarnemingen. Zo worden mens-machine-interfaces ontworpen om verwarring te voorkomen. De training van bemanningen bevat informatie over optreden, oorzaken en gevaren van onterechte visuele waarneming, sensomotorische waarnemingen, en falen van cockpitaanwijzingen. Ook het Cockpit Crew Resource Management is gericht op het optimaal functioneren van de bemanning als een team, waarbij afwijkingen besproken en gecorrigeerd dienen te worden voordat er excessen ontstaan. Desondanks komt het in de commerciële luchtvaart voor dat bemanningen ten gevolge van onterechte



waarnemingen (soms in combinatie schrikreactie en/of stress) te grote of verkeerde stuurbewegingen maken met een AMAN-voorval tot gevolg. Echter, de kans van het optreden van deze incidenten per vlucht is constant en wordt niet beïnvloed door groei van het luchtverkeer op Schiphol.

### 3.4.3 Conclusie

Voor de factoren die gerelateerd zijn aan AMAN kan worden gesteld dat er effect van groei zal zijn. De AMAN-kans volgt echter de kansontwikkeling per vliegbeweging van de GCOL- en MAC-scenario's. Om die reden dienen GCOL en MAC verder te worden bestudeerd. Voor de AMAN-kans is er om die reden geen nadere beschouwing nodig.

## 3.5 Aerodrome (ADRM)

### 3.5.1 Achtergronden

Ongevallen in de categorie 'Aerodrome' (ADRM) hebben betrekking op ongevallen en incidenten waarbij luchthaven-ontwerp, -diensten en -functies een rol spelen. Het zijn gebeurtenissen waarbij bepaalde tekortkomingen een rol spelen, bijvoorbeeld op het gebied van taxibanen, ramp/parking area, obstakels, hulpdiensten (brandweer/reddingsdiensten), verlichting/markering, procedures en dienstverlening in het algemeen. Daarnaast vallen onder de categorie ADRM ook gebeurtenissen veroorzaakt door losse voorwerpen op de luchthaven, het zogenaamde "Foreign Object Damage" (FOD).

### 3.5.2 Invloed verkeersgroei op de ADRM ongevalskans

Van Schiphol is bekend dat er weinig tot geen tekortkomingen zijn ten aanzien van de lay-out van de luchthaven: taxibanen, ramp/parking area, obstakels, hulpdiensten (brandweer/reddingsdiensten), verlichting/markering voldoen allen aan de daarvoor geldende regelgeving. In 2014 is Schiphol gecertificeerd volgens de nieuwste Europese regelgeving (Commission Regulation (EU) No 139/2014). Daarbij is aangetoond dat Schiphol aan alle daartoe gestelde eisen voldoet. Het is dus niet aannemelijk dat Schiphol bepaalde tekortkomingen heeft die, door een beperkte groei van het luchtverkeer, zouden kunnen leiden tot een disproportionele afname van de veiligheid. Dat betekent niet dat groei niet een effect zou kunnen hebben op bijvoorbeeld de veiligheid van grondaafhandeling en de daarbij horende infrastructuur (taxibanen, ramp/parking areas, e.d.). Dit wordt dan geadresseerd in de categorie "Ground Handling" (RAMP). Onder de categorie ADRM wordt hier uitsluitend geconcludeerd dat er geen bepaalde tekortkomingen zijn ten aanzien van de vigerende voorschriften, waardoor de veiligheid zou kunnen afnemen als gevolg van een groei van vliegbewegingen. Voor het onderwerp "Foreign Object Damage" (FOD) is deze conclusie echter niet op voorhand te trekken. Bij intensiever baangebruik is het denkbaar, dat zonder verdere maatregelen, de kans op FOD toeneemt. Immers er zijn zowel meer vliegtuigen die FOD kunnen veroorzaken (bijv. het verliezen van loszittende onderdelen) en er zijn meer vliegtuigen die aan FOD blootgesteld kunnen worden. Om deze reden wordt het onderwerp FOD hier nader geanalyseerd.

Onder "Foreign Object Debris" wordt verstaan: losse materialen, brokstukken of fragmenten, niet afkomstig van het voertuig of systeem zelf, die mogelijk schade kunnen aanrichten. Onder "Foreign Object Damage" wordt de schade verstaan, die door het "foreign object" toegebracht kan worden aan een luchtvoertuig. De schade kan daarbij uitgedrukt worden in economische termen, maar kan ook een effect hebben op de vliegtuigprestaties en/of vliegveiligheid.

In 2010 heeft IATA, op basis van hun Safety Trend Evaluation, Analysis & Data Exchange System (Steades<sup>10</sup>) een uitgebreid onderzoek gedaan naar de risico's van FOD. Hierbij zijn 817 Air Safety Reports met betrekking tot FOD-incidenten nader geanalyseerd. De IATA-analyse geeft aan dat 2% van de FOD-incidenten als hoog risico en 19% als gemiddeld risico worden gekwalificeerd. Dit betekent dat het FOD-risico niet als onbetekenend kan worden gezien. Het grootste risico doet zich voor tijdens de start, wanneer zich op de baan een vreemd voorwerp bevindt. Een bekend voorbeeld hiervan is het ongeval met een Concorde in juli 2000, waar een klein metalen onderdeel afkomstig van een voorgaand vliegtuig resulteerde in catastrofale schade. De vraag is wat de invloed is van verkeersgroei op Schiphol op de kans van een ADRM (FOD) ongeval. Deze vraag kan worden beantwoord door te kijken naar de invloed van de groei op de belangrijkste oorzaken van een ADRM (FOD) voorval.

Gegevens laten zien dat belangrijke oorzakelijke factoren liggen bij het ongemerkt achterblijven van "Foreign Object Debris" in het operationele gebied van een luchthaven. Grofweg kan dit gebeuren door drie hoofdoorzaken:

- Onachtzaamheid/slordigheid van het grondpersoneel: het laten slingeren van gereedschappen, rommel, wielblokken, schroeven, pinnen e.d.;
- Onderhoudstoestand van ramp, taxi- en startbanen: door jet-blast kunnen brokstukken, stenen of vegetatie losgeblazen worden en in het operationele gebied terechtkomen;
- Onderdelen kunnen van vliegtuigen losraken en op taxi- of startbanen terechtkomen: dit kunnen metalen onderdelen zijn, maar ook rubberdelen van banden.

Het eerste punt betreft vooral training van grondpersoneel, en het regelmatig houden van campagnes om op het risico van FOD te wijzen. Luchthavens kunnen hier een pro-actieve rol in spelen. Het staat echter los van de hoeveelheid verkeer, en dus ook van de eventuele groei van het verkeer op een luchthaven.

Het tweede punt heeft te maken met de staat van onderhoud van de luchthaven. Wellicht dat meer bewegingen zouden kunnen bijdragen aan grotere slijtage van luchthavenoppervlakken. Bij grotere slijtage, zou de kans op een FOD-voorval dus kunnen toenemen. Dit zou kunnen leiden tot de noodzaak tot kleinere onderhoudsintervallen, of meer frequente inspecties van de baantoestand.

Het derde punt zou bij een intensiever baangebruik tot een toename van het FOD-risico kunnen leiden. Om het FOD-risico te beheersen worden startbanen regelmatig gecontroleerd op de aanwezigheid van FOD. Volgens ICAO Doc 9137, Part 8, wordt aanbevolen viermaal daags een inspectie uit voeren (dawn, morning, afternoon and dusk-inspection). Hiermee zou normaliter het FOD-risico voldoende beheerst kunnen worden. Dat neemt niet weg dat tussen de inspectieperioden een vliegtuig een onderdeel zou kunnen verliezen, zonder dat het opgemerkt wordt. Om die reden bestaan er bepaalde detectiesystemen die voortdurend een baan op FOD kunnen monitoren. Er zal onderzocht moeten worden, welke maatregelen Schiphol inzet om het FOD-risico te kunnen beheersen, en of deze maatregelen in het licht van de voorziene groei voldoende zijn.

<sup>10</sup> STEADES data omvatten Air Safety Reports van 120 luchtvaartmaatschappijen, die per kwartaal bij IATA worden aangeleverd.



### 3.5.3 Conclusie

Op basis van bovenstaande analyse is het denkbaar dat een toename van het verkeer op Schiphol tot een toename van aerodrome gerelateerde ongevallen zou kunnen leiden. Het betreft dan vooral een mogelijke toename van het risico op Foreign Object Damage (FOD). Mogelijke oorzaken hiervan zijn hogere slijtage aan de banen door intensiever baangebruik en daardoor mogelijk een grotere kans op baanbeschadigingen die tot FOD kunnen leiden. Ook het intensiever gebruik van een baan zou kunnen leiden tot een grotere kans op het achterblijven van een los vliegtuigonderdeel tussen twee baaninspecties. Een negatief effect van groei op het risico van FOD kan dus niet worden uitgesloten. Om die reden zullen de beheersmaatregelen van Schiphol ten aanzien van dit onderwerp nader gezien moeten worden.

## 3.6 Airprox/TCAS Alert/Loss of Separation/(Near) Midair Collisions (MAC)

### 3.6.1 Achtergronden

Deze categorie omvat alle ongevallen als gevolg van een botsing van twee vliegtuigen in de lucht en alle incidenten waarbij een dergelijke botsing dreigde. Deze verzameling incidenten omvat significante overschrijding van de separatieminima, TCAS alerts<sup>11</sup> en bijna-botsingen.

In het geval dat één botsing ertoe leidt dat twee vliegtuigen verongelukken –dit gebeurt doorgaans maar niet altijd– dan wordt dit geteld als twee ongevallen, anders zou de statistiek van de ongevalskans per vlucht niet meer juist zijn. De bescherming tegen botsingen in de lucht is afhankelijk van de soort vlucht (IFR of VFR, in gecontroleerd of ongecontroleerd luchtruim, met of zonder TCAS, et cetera). De drie beschermingen hieronder zijn effectief voor de vluchten van en naar Schiphol:

- Strategisch. Er lopen allerlei processen vooraf aan de vluchttuitvoering die maken dat het aanbod van verkeer in balans is met de afhandelcapaciteit van de luchtruimen en de luchthavens:
  - Slotallocatie van gereguleerde luchthavens zoals Schiphol;
  - Airspace Management: het opdelen van het luchtruim naar CTRs en TMAs en dergelijke;
  - Sectorisatie: het onderverdelen van een luchtruim naar verkeersleiders;
  - Air Traffic Flow Management: een samenspel van de Air Navigation Service Providers als LVNL en de Network Manager in Brussel –vroeger een onderdeel van Eurocontrol– waaronder het monitoren van zogeheten Traffic Flow Volumes als de Amsterdam FIR en het alloceren van ATC-slots.
- Tactisch. Deze laag omvat de luchtverkeersleiding die het verkeer in een gecontroleerd luchtruim separeert<sup>12</sup>. Dat wil zeggen dat er met procedures en met instructies voor wordt gezorgd dat vliegtuigen voldoende verticaal of lateraal gescheiden zijn. Wat voldoende is hangt af van de omstandigheden; typisch is dat 1000ft verticaal en 3NM of 5NM lateraal (zie ook TURB, sectie 3.18).

<sup>11</sup> TCAS staat voor Traffic alert and Collision Avoidance System, en is in de praktijk synoniem aan ACAS (Airborne Collision Avoidance System). Het geeft twee soorten alerts: TCAS TAs (Traffic Alert) en de meer kritische TCAS RAs (Resolution Advisories).

<sup>12</sup> De Schiphol TMAs zijn luchtruimklasse A en daar mogen alleen IFR-vluchten vliegen, en die worden daarin onderling gesepareerd. De Schiphol CTR is klasse C en daar mag zowel IFR- als VFR-verkeer vliegen. Het IFR-verkeer wordt gesepareerd van ander verkeer maar het VFR-verkeer niet. Deze laatste vluchten zijn doorgaans geen Commercial Air Transport maar dat kan in principe niet uitgesloten worden. Een CAT-vlucht onder VFR in de Schiphol CTR is echter een uitzonderlijke situatie die voor de scope van deze studie gemakshalve wordt uitgesloten.

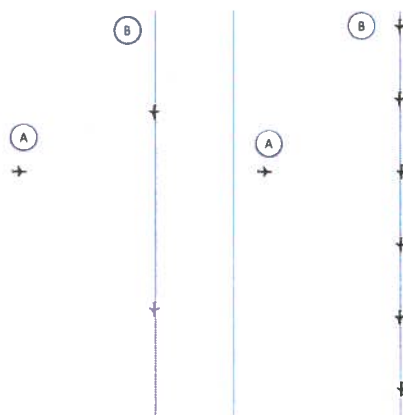
- Botsingvermijdend. Deze laag omvat het zogeheten See and Avoid waarbij vliegers op zicht andere vliegtuigen kunnen detecteren en, wanneer noodzakelijk, kunnen uitwijken. Deze laag omvat ook TCAS, dat effectief verplicht is voor vliegtuigen die de Schiphol TMAs of CTR binnen vliegen<sup>13</sup>. TCAS blijkt behoorlijk effectief (zie b.v. [Olson et al, 2010]) maar is dat niet op lage hoogtes, zo ongeveer onder de 1000ft tot 2000ft, afhankelijk van vooral de verticale snelheden van de betrokken vliegtuigen.

Incidenten en ongevallen in deze MAC-categorie worden in een gecontroleerd luchtruim doorgaans gezien vanuit het perspectief van de luchtverkeersleiding omdat de strategische laag zelden echt faalt en omdat de laatste laag gezien wordt als veiligheidsnetten. De luchtverkeersleiding ziet het vermijden van MACs als haar verantwoordelijkheid hoewel de oorzaken ervan niet noodzakelijkerwijs bij de luchtverkeersleiding liggen. Een VFR-vliegtuigje onder de Amsterdam TMA kan bijvoorbeeld op een manier klimmen dat het bij een vliegtuig in de Schiphol TMA leidt tot een TCAS RA "Climb", waardoor dat vliegtuig vervolgens weer in conflict komt met een vliegtuig op een Flight Level 1000ft daarboven.

### 3.6.2 Invloed verkeersgroei op de MAC ongevalskans

#### *Geometrisch-kinematisch effect*

In het plaatje hieronder gaat een vliegtuig (A) een stroom vliegtuigen (B) kruisen, onder een rechte hoek op gelijke hoogte (hetgeen in de praktijk niet gebeurt). Daarbij wordt aangenomen dat er niet wordt ingegrepen door verkeersleiders, vliegers of TCAS, dat de timing van vlucht A niet afhankelijk is van de stroom vliegtuigen B en dat alle snelheden constant zijn. De kans dat vliegtuig A een vliegtuig in de stroom B raakt is dan recht evenredig met de frequentie van de vliegtuigen in stroom B. Het blijkt dat deze evenredigheid ook blijft bestaan onder andere aannames (andere hoek, andere klimsnelheden, vaste kans op succesvol ingrijpen, onnauwkeurige navigatie, niet raken maar binnen een zeker volume rondom het vliegtuig komen, et cetera). Er is dus een geometrisch-kinematisch effect dat maakt dat de kans op een MAC per vlucht recht evenredig is met de dichtheid van het verkeer op dat moment.



*Figuur 6: Links kruist vliegtuig A een ijle stroom en rechts deel kruist vliegtuig A een dicht stroom vliegtuigen. Het blijkt dat de kans op een conflict of botsing recht evenredig is met de frequentie van de vliegtuigen in de stroom; die is in de stroom rechts drie keer zo hoog.*

<sup>13</sup> TCAS is wereldwijd verplicht voor vliegtuigen met een maximum take-off gewicht boven de 5700kg en vliegtuigen met een capaciteit van 20 personen of meer.

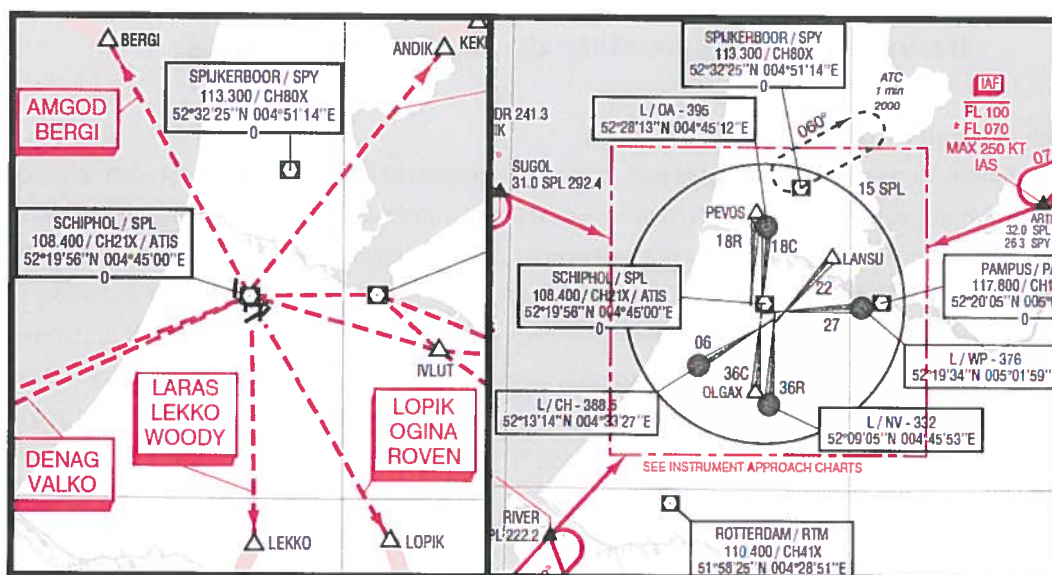


### Geometrisch-kinematisch effect in de praktijk

In de afhandeling van verkeer rondom Schiphol zijn er in essentie drie soorten verkeersconflicten mogelijk:

- Ongecontroleerd conflict: twee vliegtuigen waarvan er minstens één niet gecontroleerd is, komen met elkaar in conflict.
- Longitudinaal conflict: twee vliegtuigen vliegen achter elkaar, over min of meer hetzelfde pad, op min of meer hetzelfde hoogteprofiel, door de verkeersleider gecontroleerd.
- Transversaal conflict: twee vliegtuigen vliegen over lateraal kruisend paden op min of meer dezelfde hoogte, door de verkeersleider gecontroleerd.

Voordat de invloed van de verkeersgroei op deze soorten conflicten wordt geanalyseerd, wordt opgemerkt dat de verkeersleiders in de CTR en TMAs van Schiphol de meeste tijd besteden aan het voorkomen van longitudinale conflicten. Ongecontroleerde conflicten komen relatief weinig voor (airspace infringements zijn al relatief zeldzaam) en transversale conflicten komen relatief weinig voor vanwege de ruimtelijke scheiding van de verschillende verkeersstromen (zie figuur hieronder).



Figuur 7: (Uitsnede uit eerdere versie van het [AIP, 2017]). De Schiphol outbounds divergeren in essentie naar vijf richtingen (linker plaatje) langs de uitvliegroutes (de zogeheten Standard Instrument Departures van banen naar punten die aansluiten op de hogere air routes). De Schiphol inbounds convergeren in essentie vanuit drie richtingen (rechter plaatje); vanaf drie zogeheten Initial Approach Fixes (Sugol, Artip en River) worden de vliegtuigen naar de verschillende banen geleid. De stromen zijn daarmee ruimtelijke gescheiden.

Het boven genoemde effect geldt voor ongecontroleerde conflicten. De kans dat een gecontroleerd vlucht in conflict komt met een ongecontroleerde vlucht (na een zogeheten luchtruimschending of *airspace infringement*) is daarmee min of meer recht evenredig met de dichtheid van het verkeer in de omgeving van de Schiphol CTRs en TMAs. Omdat aangenomen mag worden dat de dichtheid van dat verkeer over de tijd niet toeneemt –omdat het los staat van de groei van Schiphol, zoals onder beschouwing in dit rapport –, neemt de kans op een “ongecontroleerde” MAC per vlucht niet toe.

Het geometrisch-kinematische effect geldt niet voor longitudinale conflicten. Dat komt –wat theoretisch geformuleerd– doordat de kans op ingrijpen door de verkeersleiding ook toeneemt naarmate de dichtheid van het

verkeer groter wordt. De taaklast van de verkeersleider zal dus toenemen bij meer verkeer –ook omdat de grootste taaklast al bij de longitudinale conflicten ligt– maar de kans op een “longitudinale” MAC per vlucht niet<sup>14</sup>.

Het effect geldt wel voor transversale conflicten. Deze conflictsituaties komen, zoals boven opgemerkt, relatief weinig voor door de geometrie van het ontwerp van banen, aanvlieg- en uitvliegroutes. Ze zijn echter niet uit te sluiten in tal van specifieke gevallen, zoals: dubbele missed approaches op convergerende landingsbanen, een missed approach gelijktijdig aan een vertrek op een convergerende startbaan, afwijkingen bij vertrekken op parallelle banen, niet tijdig intercepten bij naderingen op parallelle banen en een trage klim op een SID die over een inbound-stroom is ontworpen. Deze gevallen komen niet veel voor en er zijn mechanismes die maken dat een dergelijk geval niet onmiddellijk tot een MAC leidt. In het bijzonder is TCAS effectief op hoogtes boven de 2000ft, waardoor de potentiële conflicten in de Schiphol CTR, dus dicht bij de banen, relatief meer gewicht in de schaal leggen. Belangrijk is dat er een zekere maar kleine kans is op een “transversale” MAC per vlucht en dat die kans recht evenredig toeneemt met de verkeersdichtheid van de relevante stroom.

### ***Andere effecten in de praktijk***

Als de verkeersdichtheid groter wordt, wordt de werklast van de verkeersleider hoger, onder andere doordat de kansen op longitudinale conflicten ook groter wordt, zoals boven uiteen gezet. In het verleden zijn er onderzoeken verricht naar het verband tussen werklast en de kans op het maken van fouten. Dit verband blijkt niet eenduidig; zo presteren sommige mensen beter bij een stevige werklast dan bij een verminderde werklast. Het is wel zo dat boven een van het individu afhankelijke grens de kans op fouten snel toeneemt met de taaklast (“*overload*”) maar het is ook weer zo dat mensen, en zeker daarop getrainde professionals als verkeersleiders, dit kunnen herkennen (“*meta-cognitie*”) en daarop zelf kunnen handelen, door bijvoorbeeld om een vroege aflossing te vragen of de assistent meer taken te geven. Daarnaast is het verkeersleidingsstelsel geen statisch gegeven, maar kent het een dynamische aanpassing van de operationele verkeersleidersbezetting passend bij het geplande verkeersvolume. Het is dus ook mogelijk dat de supervisor ingrijpt en opschaaft naar meer mensen op de toren of op Approach.

Een ander effect van hogere verkeersdichtheid is dat de verkeerspatronen anders worden: bepaalde baancombinaties kunnen de voorkeur krijgen, de verdeling van vliegtuigen over start- en landingsbanen kan veranderen, er ontstaan langere trombones (zie ook de sectie “ILS navigatie en verkeersdichtheid”), het kan nodig zijn een vliegtuig in de TMA te houden, er is een verhoogde kans dat één vliegtuig bijzondere aandacht verdient door een technisch storing of iets dergelijks, et cetera. Dergelijke veranderingen van de verkeerspatronen maken dat het aantal instructies per vlucht kan toenemen, dat het verkeersbeeld minder stabiel wordt en dat het verkeer vaker op niet-standaard wijze wordt afgehandeld. Dit kan weer een negatief effect hebben op zowel de werklast als de kans op conflicten.

### ***Verdeling van verkeersgroei over de tijd***

De kans op een MAC per vlucht neemt als gevolg van het geometrisch-kinematische effect toe als de verkeersdichtheid toeneemt. Dit verband is bij benadering lineair, dat wil zeggen: de kans per vlucht voor een specifiek type (transversaal) conflict neemt recht evenredig toe met de verkeersdichtheid van de relevante stroom op dat moment. Daar spelen andere effecten doorheen die de kans op een MAC misschien nog wel meer dan lineair doen toenemen.

<sup>14</sup> Zie ook de figuur in de sectie over de invloed van verkeersgroei op TURB. De essentie is dat de verkeersleider bij drukte de afstanden tussen de vliegtuigen naar de separatieminima regelt maar een overschrijding van die minima vermijdt.

Het is daarmee nog niet te zeggen hoe het effect van zeg 10% meer vluchten per jaar op Schiphol dan doorwerkt, omdat dit dus ook afhangt van de momenten van de dag waarop dat extra verkeer wordt opgevangen. Als de piekcapaciteiten van de banen gelijk blijven, overeenkomstig de aannames zoals geformuleerd in sectie 2.1, zal de maximale kans op een MAC niet toenemen maar het aantal vliegtuigen dat wordt blootgesteld aan die maximale kans wel.

### 3.6.3 Conclusie

De kans op een MAC per vlucht neemt toe met de dichtheid van het verkeer op dat moment. Dit komt onder andere door een geometrisch-kinematisch effect: hoe meer verkeer in de buurt, hoe groter de kans op een conflict, incident of botsing in de lucht. Dit effect blijkt voor Schiphol vooral te gelden voor een aantal specifieke conflictsenario's, waarin verkeer elkaar op min of meer op dezelfde hoogte kruist.

Daarnaast heeft een groei van verkeer nog andere effecten, zoals een verhoogde werklast van de verkeersleider en een verandering van de verkeerspatronen. Deze kunnen een negatief effect hebben op de kans op een MAC, maar dat verband is nog niet zo duidelijk.

Hoe het effect van zeg 10% meer vluchten per jaar op Schiphol dan doorwerkt op de kans van een MAC per vlucht kan pas worden geschat als bekend is op welke momenten van de dag dat extra verkeer wordt opgevangen.

## 3.7 ATM/CNS (ATM)

### 3.7.1 Achtergronden

De Engelse omschrijving van deze categorie is *"Occurrences involving Air Traffic Management (ATM) or Communication, Navigation, Surveillance (CNS) service issues"*. Uit *"service issues"* blijkt dat het gaat om gebeurtenissen waarin niet noodzakelijk een vliegtuig betrokken is, laat staan dat er een vliegtuig is verongelukt. De categorie omvat gevallen als het uitvallen van een ILS, het wegvallen van veiligheidskritische functies van de technische ondersteuning van de verkeersleiding of een fout van een verkeersleider.

### 3.7.2 Invloed verkeersgroei op ATM/CNS ongevalskans

De vraag is wat de invloed is van verkeersgroei op Schiphol op de kans van een ATM/CNS ongeval. De moeilijkheid daarbij is dat het moeilijk voorstelbaar is dat een ongeval alleen in de ATM/CNS-categorie wordt meegeteld maar niet in een andere categorie. Een ATM/CNS-falen met ongeval als gevolg is dan ook in feite in alle gevallen een causale factor in een ongeval van een andere categorie. Het falen van surveillancemiddelen kan bijvoorbeeld tot leiden een MAC en het falen van de luchtverkeersleiding kan leiden tot een RI. Omdat een ongeval alleen in de ATM/CNS-categorie niet goed denkbaar is, wordt de vraag over de invloed van verkeersgroei op de kans van een ATM/CNS ongeval in generieke zin beantwoord.



Veel ATM/CNS-functies worden door technische systemen (hardware en software) geleverd en de integriteit en beschikbaarheid daarvan is niet of nauwelijks gerelateerd aan de verkeersgroei mits de piekvraag maar onder een bepaalde drempelwaarde blijft. Wellicht kan een onderhoudsorganisatie bij sterke groei onder druk komen te staan, maar dit is een indirect effect, waar doorgaans controlemechanismes voor bestaan.

Enkele ATM/CNS-functies worden geleverd door mensen, in het bijzonder de ATC-diensten zoals geleverd door verkeersleiders. Zoals ook in de sectie “Invloed van verkeersgroei op MAC ongevalskans is beschreven”, wordt de werklast van de verkeersleider hoger als de verkeersdichtheid groter wordt, maar is het verband tussen werklast en de kans op het maken van fouten niet duidelijk. Wel is het zo dat boven een grens de kans op fouten snel toeneemt met de taaklast (“*overload*”) maar het is ook weer zo dat mensen, en zeker daarop getrainde professionals als verkeersleiders, dit kunnen herkennen (“*meta-cognitie*”) en daarop zelf kunnen handelen. Daarnaast is het verkeersleidingsstelsel geen statisch gegeven, maar kent het een dynamische aanpassing van de operationele verkeersleidersbezetting passend bij het geplande verkeersvolume. Een ander mogelijk effect van hogere verkeersdichtheid is dat de verkeerspatronen dynamischer worden, dat het aantal instructies per vlucht toeneemt en daardoor ook de kans op een fout per vlucht.

Deze effecten hebben een indirect effect op de ongevalskans, omdat zij kunnen bijdragen aan een ongeval in een andere categorie, zoals MAC, RI of GCOL. Daarmee zijn voorvallen in de ATM/CNS-categorie onderdeel van de analyse van de ongevalskans in een andere categorie, en zullen dus ook als zodanig behandeld worden.

### 3.7.3 Conclusie

Een aparte beschouwing met betrekking tot het effect van groei op deze categorie lijkt niet nodig omdat een ongeval in deze categorie ook zal vallen in een andere categorie als MAC, RI of GCOL. Strikt genomen lijkt er een verband: verkeersgroei leidt tot een zwaardere belasting van de verkeersleiding en dat leidt mogelijk tot meer fouten, en dus tot meer ATM/CNS gerelateerde voorvallen.

## 3.8 Bird (BIRD)

### 3.8.1 Achtergronden

Botsingen met vogels vormen sinds het begin van de luchtvaart een risico. De meeste vogelaanvaringen met vliegtuigen vinden plaats op of in de directe nabijheid van vliegvelden. In de loop der jaren zijn er vele maatregelen genomen om deze risico's op een aanvaardbaar niveau te krijgen. Zo zijn er voor civiele transportvliegtuigen verschillende certificatie-eisen opgesteld t.a.v. vogelaanvaringen. Deze eisen moeten garanderen dat aanvaringen met vogels van zeker gewicht niet direct leiden tot problemen voor het vliegtuig tijdens de vlucht. Op en rondom luchthavens worden er diverse maatregelen genomen om de kans dat vogels tegen een vliegtuig aan botsen zo klein mogelijk te houden. Ondanks dit soort maatregelen op luchthavens is het niet te voorkomen dat er aanvaringen plaatsvinden. De risico's zijn echter klein omdat in het merendeel van de botsingen de gevolgen voor het vliegtuig zeer gering zijn. Zelfs als er een motor zou uitvallen heeft dat geen ernstige gevolgen aangezien civiele vliegtuigen



gecertificeerd zijn om veilig met een motor minder te kunnen vliegen (zowel tijdens de start als de landing). Ook grote schade aan het vliegtuig door een vogelaanvaring betekent niet meteen dat een vliegtuig onbestuurbaar wordt. Figuur 8 geeft een voorbeeld van een vogelaanvaring tijdens de klim, wat resulteerde in aanzienlijke schade aan het horizontale staartvlak zonder dat de bestuurbaarheid van het vliegtuig beïnvloed werd. Slechts in het uitzonderlijke - maar niet denkbeeldige - geval dat bijvoorbeeld meerdere motoren tegelijk uitvallen of dat essentiële besturingssystemen onbruikbaar worden als gevolg van een vogelaanvaring, kunnen er mogelijk serieuze gevolgen optreden voor het vliegtuig wat zou kunnen resulteren in een ongeval. Dit hangt overigens sterk samen in welke fase van de vlucht deze gebeurtenissen plaatsvinden. Als bijvoorbeeld meerdere motoren falen tijdens de startfase op de grond zullen de gevolgen minder zijn dan wanneer dit tijdens het klimmen plaatsvindt.

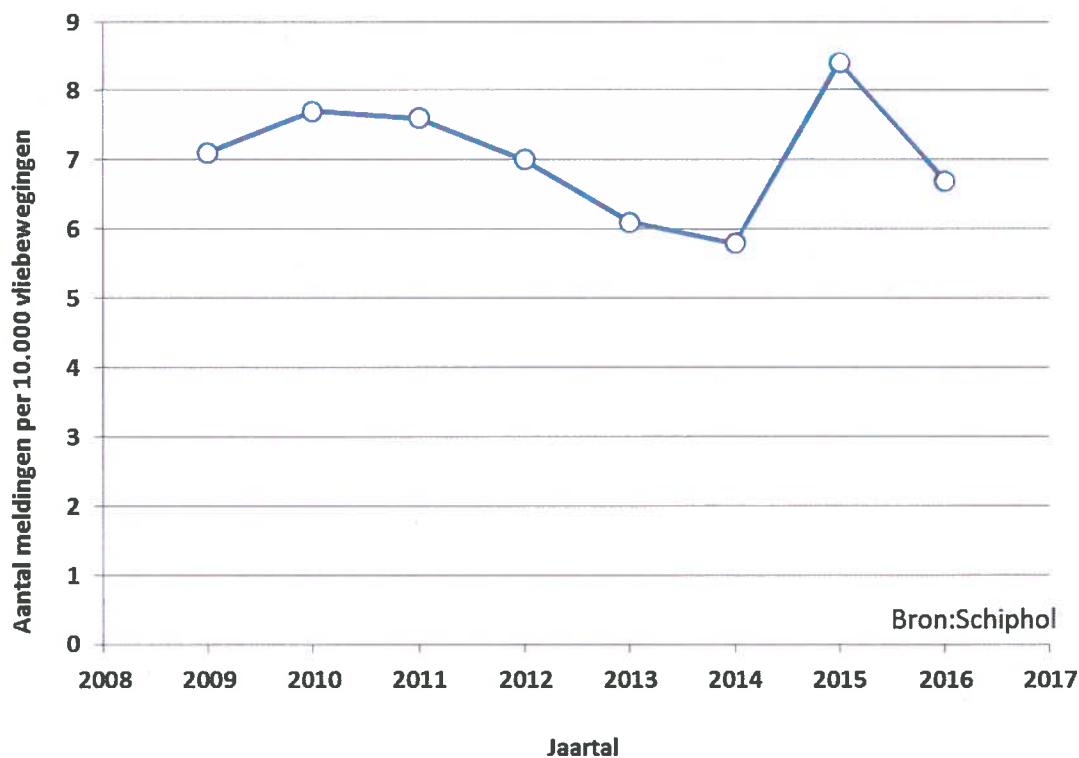


*Figuur 8: Voorbeeld van schade aan het staartvlak van een B737 als gevolg van een vogelaanvaring.*

Wereldwijd liggen de kansen op een vogelaanvaring op een luchthaven tussen de 0,1 en 10 per 10.000 vliegbewegingen met uitschieters tot wel 20 aanvaringen [NLR, 2017]. Het gemiddelde ligt rond de 4-5 aanvaringen per 10.000 bewegingen. De gemeten vogelaanvaringskansen worden door vele factoren beïnvloed zoals de omgeving van de luchthaven, lokaal klimaat, de geografische ligging, de genomen preventiemaatregelen door de luchthaven, de vliegtuigen die opereren op de luchthaven, en de rapporteringsbereidheid van aanvaringen van vooral de vliegers. Het is daarom moeilijk om luchthavens onderling te vergelijken wat betreft de kans op een vogelaanvaring aangezien deze factoren sterk kunnen verschillen tussen luchthavens.

Schiphol is gelegen in een polder met veel water, grazige weiden en akkerbouwgebieden. De kust en de duinen liggen ook in de buurt. Deze factoren zorgen ervoor dat Schiphol een aantrekkelijke plaats is voor diverse vogels. Dit resulteert in redelijk hoge vogelaanvaringskansen voor Schiphol zoals is te zien in Figuur 9. Voor de periode 2009-2016 waren er gemiddeld 7 aanvaringen met vogels per 10.000 bewegingen. In deze periode waren er geen grote trends in de data te zien. De geringe variatie in de aanvaringen per jaar kunnen worden veroorzaakt door onder andere toeval, verschillen in het weer en iets andere beheersmaatregelen. Data van voor 2009 laten lagere aantallen vogelaanvaringen zien. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat aanvaringen met vogels sinds 2009 beter gerapporteerd worden (mede door de media-aandacht en bewustzijn van de vogelproblemen rond Schiphol). Deze data zijn daarom buiten beschouwing gelaten. Er zijn een groot aantal maatregelen om het aantal vogelaanvaringen op en rond luchthavens terug te dringen. In het algemeen zijn dit maatregelen die betrekking hebben op het

onaantrekkelijk maken van de omgeving, het actief verjagen van vogels en het reduceren van de vogelpopulatie. Dit soort maatregelen worden ook op Schiphol genomen. Schiphol probeert bijvoorbeeld door middel van soorten beplanting het luchthaventerrein zo in te richten dat het geen vogels aantrekt. Met agrariërs in de omgeving zijn overeenkomsten gesloten over het versneld onderploegen van graanresten. Hierdoor worden de akkers na de oogst minder aantrekkelijk voor vogels zodat ze elders op zoek gaan naar voedsel. De vogelwacht van Schiphol is dag en nacht paraat en verjaagt vogels van start- en landingsbanen die in gebruik zijn. Innovatieve technieken worden ook op Schiphol gebruikt zoals lasers om vogels te verjagen en radars om vogels te detecteren. Het radardetectiesysteem kan worden gebruikt om te monitoren of bepaalde maatregelen effect hebben. Daarnaast wordt het systeem ingezet om actueel inzicht te geven in vogelvliegeroutes welke acuut risicovol zijn voor de vliegoperatie (welke vliegpaden kruisen). Sinds 2008 worden er extra maatregelen genomen tegen de ganzen in de omgeving van Schiphol. De ganzen vliegen over Schiphol op verschillende hoogtes en gaan er niet op de grond zitten. Hierdoor is het heel moeilijk om effectieve maatregelen op en rond Schiphol zelf te nemen. Daarom was er een aantal jaren geleden een project gestart om het aantal ganzen in een bepaalde straal rond Schiphol te verkleinen. Dit heeft geresulteerd in een vermindering van de populatie van ganzen [Van de Riet et. Al., 2015].



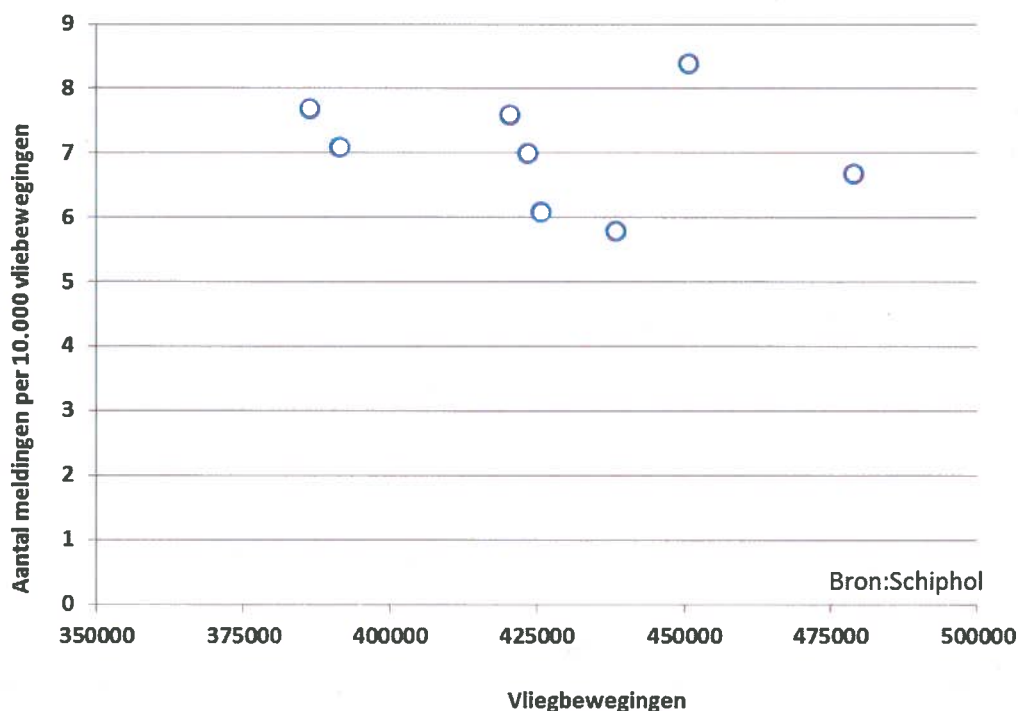
Figuur 9: Vogelaanvaringsfrequenties Schiphol 2009-2016.

### 3.8.2 Invloed groei op kans vogelaanvaring Schiphol

De vraag is of een kleine toename in het aantal vliegbewegingen op Schiphol de kans op een vogelaanvaring zou kunnen vergroten met als gevolg een toename in de kans op een ernstig ongeval door een vogelaanvaring. Figuur 10 laat het verband zien tussen het aantal jaarlijkse vliegbewegingen op Schiphol en de kans op een vogelaanvaring voor de periode 2009-2016. Hieruit volgt geen direct verband tussen het aantal vliegbewegingen en de kans om een vogel te raken voor de beschouwde periode. Dit is een eerste indicatie dat er wellicht geen effect is van de toename van het

verkeer op de kans op een aanvaring met vogels. Echter het geeft nog geen uitsluitel van het effect van de toekomstige groei van het verkeer op de kans op een vogelaanvaring. Er zijn factoren gerelateerd aan de verkeerstoename die mogelijk een invloed kunnen hebben op de aanvaringskansen.

De absolute toename van het vliegverkeer in de periode 2009-2016 komt voornamelijk voor rekening van vliegtuigen in de klasse B737/A320, gevolgd door vliegtuigen in de klasse A330/B777. Historische gegevens laten zien dat de kans op een vogelaanvaring af kan hangen van het vliegtuigtype. Vooral grote (passagiers)vliegtuigen hebben een hogere kans op een aanvaring met vogels dan kleinere vliegtuigen. Dit wordt deels veroorzaakt door het verschil in snelheden van deze vliegtuigen maar zeker ook door het verschil in het frontale oppervlak. De kans om een vogel te raken wordt namelijk simpelweg groter naarmate het frontale oppervlak groter wordt van het vliegtuig en of het vliegtuig sneller vliegt [Cockshutt & Gunn, 1966 en Meeking, 1998]. Tussen vliegtuigen in de klassen B737/A320 en A330/B777 zitten geen hele grote verschillen in de snelheden tijdens de start en landing. Wel is het frontaal oppervlak van de A330/B777 vliegtuigen ongeveer 2 tot 2.5 keer groter dan voor de B737/A320. Dit komt overeen met de verschillen in vogelaanvaringskansen die zijn waargenomen tussen 'narrow body' en 'wide body' vliegtuigen [Rosenthal, 2005; Meeking, 1998 en Sladen-Pilon, 2008]. Als de groei op Schiphol voornamelijk voor rekening komt van grotere vliegtuigen zoals de Boeing 777 dan is de verwachting dat de kans op een vogelaanvaring kan toenemen bij gelijkblijvende omstandigheden (dat wil zeggen geen veranderingen in de beheersmaatregelen of grote toenames in vogelpopulaties bijvoorbeeld). De absolute groei van de afgelopen twee jaar op Schiphol in vliegbewegingen komt voornamelijk van vliegtuigen uit de klasse B737/A320 die door low cost carriers worden gebruikt. Als deze trend doorzet is de verwachting dat de kans op een vogelaanvaring niet toeneemt maar eerder kan afnemen (ook weer onder aanname van gelijkblijvende omstandigheden). Bij een geringe groei zal het in de praktijk overigens moeilijk zijn om de verschillen in kansen te kunnen waarnemen. Andere factoren zoals toeval, verandering in beheersmaatregelen of weersomstandigheden kunnen dit effect namelijk maskeren.



Figuur 10: Relatie tussen het aantal vliegbewegingen en de frequentie van een vogelaanvaring op Schiphol (2009-2016).



Nieuwe motoren zijn doorgaans stiller dan de typen die ze vervangen. Moderne vliegtuigen zoals de Airbus A350, de Boeing 787, de Airbus 320Neo, en de Boeing 737Max zijn voorbeelden van modellen waarop zulke motoren gebruikt worden. Deze vliegtuigen gaan in de toekomst steeds meer op Schiphol opereren. Uit een beperkt aantal studies zou blijken dat vliegtuigen met een stillere motor een groter kans hebben op een vogelaanvaring, zie bijvoorbeeld [Kelly, 2001]. Dit zou komen omdat de vogels de vliegtuigen te laat opmerken door het mindere geluid dat ze produceren. Echter andere studies hebben dit verband niet kunnen vinden, zie bijvoorbeeld [Maragakis, 2009]. Er is daarom geen consensus over dit effect [Sodhi, 2002]. Stillere vliegtuigen hebben doorgaans grotere motorinlaten. Met een grotere motorinlaat neemt het frontale oppervlak toe en dus ook de kans op een vogelaanvaring. Omdat beide effecten elkaar versterken is het mogelijk dat nieuwe vliegtuigen, met de meest moderne (dus stille) motoren, een enigszins verhoogde kans op een vogelaanvaring hebben.

### 3.8.3 Conclusie

Uit de bovenstaande analyse blijkt dat een geringe groei op Schiphol van het aantal vliegbewegingen er niet toe zal leiden dat de kans op een vogelaanvaring en daarmee de kans op een ongeval gaat toenemen, indien de groei gelijkmatig verdeeld is over het huidige verkeer of dat deze wordt verwezenlijkt door vliegtuigen in de klasse B737/A320 of kleiner. Wel is het mogelijk dat nieuwe vliegtuigen, met de meest moderne (dus stille) motoren, een enigszins verhoogde kans op een vogelaanvaring hebben. Indien de groei zou leiden tot een groter aandeel van de nieuwste generatie vliegtuigen, dan is een klein effect niet uit te sluiten.

## 3.9 Controlled flight into or toward terrain (CFIT)

### 3.9.1 Achtergronden

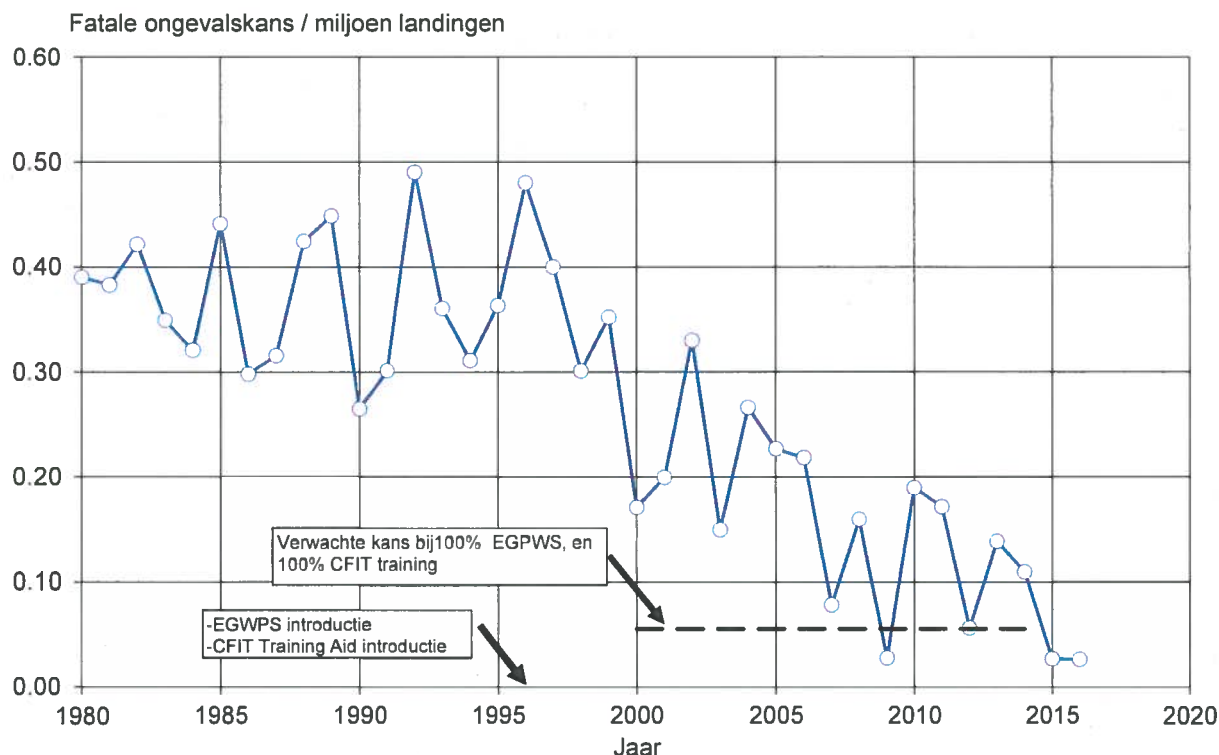
Ongevallen in de categorie 'Controlled Flight Into terrain' (CFIT) zijn een lange tijd de meest voorkomende fatale ongevallen geweest in de luchtvaart. Er zijn diverse oorzaken die hebben bijgedragen aan CFIT-ongevallen. De meeste van deze factoren zijn terug te leiden naar de vliegers [IATA, 2014]. Onder andere het niet houden aan standaard procedures is een veel voorkomende factor [IATA, 2014]. Ook de afwezigheid van naderingshulpmiddelen in combinatie met slecht zicht is een factor gebleken in veel CFIT-ongevallen [IATA, 2014]. Onstabiele naderingen zijn ook een factor in CFIT-ongevallen geweest [IATA, 2014]. Er zijn vele initiatieven geweest om deze categorie ongevallen terug te dringen. Daarbij is veel aandacht geweest voor het beter trainen van vliegers en het introduceren van technologische oplossingen. In 1996 is de CFIT Training Aid geïntroduceerd. Rond dit jaar is ook 'Enhanced Ground Proximity Warning System' (EGPWS) beschikbaar gekomen. Dit systeem waarschuwt vliegers wanneer het vliegtuig te dicht bij de grond dreigt te komen terwijl dit niet de bedoeling is of wanneer het tegen een (groot) obstakel dreigt aan te vliegen. Het EGPWS-systeem staat ook bekend onder de naam TAWS 'Terrain Avoidance and Warning System' en is een verbetering van GPWS<sup>15</sup>. De invloed van het beter trainen van de vliegers en vooral de introductie van EGPWS op

<sup>15</sup> GPWS kijkt alleen maar naar beneden en heeft geen weet van obstakels en het terrein dat voor het vliegtuigpad ligt. TAWS/EGPWS maakt gebruik van een terrein/obstakel database en is daarom in staat eerder waarschuwingen te geven wanneer een vliegtuig richting de grond of een obstakel dreigt te vliegen.





de vermindering van CFIT-ongevallen is enorm geweest. Dit wordt duidelijk geïllustreerd door Figuur 11. Hier staat de fatale CFIT-ongevalskans weergegeven voor de periode 1980 t/m 2016. De data zijn afkomstig uit de NLR Air Safety Database en beslaan wereldwijde commerciële vluchten. Voor de introductie van de speciale CFIT-training en EGWPS was deze kans redelijk vlak. Daarna is de kans sterk afgenomen. Omdat EGWPS en de speciale CFIT-training niet gelijktijdig zijn ingevoerd, heeft het een tiental jaar geduurd voordat de kans was gereduceerd tot het verwachte niveau welke ook is aangegeven in Figuur 11. De laatste jaren zijn er geen grote verbeteringen meer zichtbaar. Het merendeel van de commerciële vliegtuigen heeft EGWPS geïnstalleerd.



Figuur 11: Fatale CFIT ongevallen kans verloop tussen 1980 en 2016 (bron: NLR).

### 3.9.2 Invloed verkeersgroei op CFITs

De vraag is wat de invloed is van verkeersgroei op Schiphol op de kans op een CFIT-ongeval. Deze vraag kan worden beantwoord door te kijken naar de invloed van de groei op de belangrijkste oorzaken van een CFIT-voorval en de gebruikte mitigerende maatregelen. Data laten zien dat de belangrijkste oorzakelijke factoren liggen bij de vlieger en bij de aan- of afwezigheid van een aantal indirecte factoren. Zo verhoogt de afwezigheid van verkeersleiding met radar, baanverlichting en/of precisie naderingshulpmiddelen het risico op een CFIT-ongeval [FSF, 1994 en IATA, 2015]. Slecht zicht is een andere belangrijke factor in CFIT-ongevallen [IATA, 2014]. Het niet opvolgen van standard procedures door de vliegers is ook een frequente factor in CFITs [IATA, 2014]. Onstabiele naderingen zijn ook een factor in CFIT-ongevallen geweest [IATA, 2014], hoewel deze factor niet heel groot is in vergelijking tot de andere genoemde factoren.

Goede CFIT-training van de vliegers, beschikbaarheid van duidelijke procedures ter voorkoming van CFIT-ongevallen, beschikbaarheid van (E)GPWS, en de beschikking over een functionerend veiligheidsmanagementsysteem bij de luchtvaartmaatschappijen zijn factoren die het CFIT-risico sterk verlagen [FSF, 1994].

Op Schiphol is een volledige operationeel verkeersleidingsysteem beschikbaar met diverse radarsystemen en beschikken de meest gebruikte banen over een precisienaderingssysteem (ILS). Alleen baan 24 die gebruikt wordt voor de landingen bij sterke zuidwestelijke winden beschikt niet over een ILS. Hier wordt vaak een ILS-nadering gevlogen op baan 27 (of de ILS van baan 22) met een breakoff naar baan 24. Dus alleen het laatste gedeelte wordt visueel gevlogen. Alle banen op Schiphol hebben de vereiste baanverlichting. Vanuit deze punten zijn er geen CFIT-risico verhogende factoren aanwezig op Schiphol.

De luchtvaartmaatschappijen die Schiphol nu aandoen komen grotendeels (>99%) uit landen waar toezicht door de overheid op deze maatschappijen op een hoog niveau staat (meer dan de helft van de operators komt uit Nederland). Dit zijn maatschappijen met een goede reputatie wat betreft vliegveiligheid en het trainen van vliegers. Ook hebben al deze maatschappijen een veiligheidsmanagementsysteem dat de CFIT-risico's in kaart brengt en beheersbaar maakt. Een dergelijk systeem maakt onder ander gebruik maakt van incidentrapporten van de vliegers en analyseert vluchtdata (Flight Data Monitoring) op afwijkingen van procedures en overschrijdingen van limieten gerelateerd aan CFIT-ongevallen. Dit alles wil niet zeggen dat de vliegers van deze operators geen fouten kunnen maken, maar de kans hierop is een stuk kleiner dan voor andere luchtvaartmaatschappijen, en zal niet zo snel groter worden. Vrijwel alle vliegtuigen die Schiphol nu en in de toekomst aandoen hebben tenminste een GWPS-systeem aan boord. Echter veruit de meeste vliegtuigen hebben het effectievere EGPWS verplicht aan boord.

De groei in vliegbewegingen zou de frequentie van onstabiele naderingen kunnen verhogen. Dit zou een verhoging in de ongevalskans per vliegbeweging in de categorie CFIT kunnen veroorzaken. Het is nu echter nog onduidelijk of de frequentie van onstabiele naderingen stijgt bij een groei van vliegbewegingen en in welke mate dit gebeurt.

### 3.9.3 Conclusie

Het is nog niet duidelijk wat het effect is van de groei in vliegbewegingen op de frequentie van onstabiele naderingen. Als deze frequentie omhoog gaat dan kan dit een effect hebben op de kans op een CFIT-ongeval. Een nadere analyse van EGPWS-rates op Schiphol van de afgelopen jaren is daarvoor nodig, inclusief de reacties van de vliegers op EGPWS-waarschuwingen. Er kan misschien een effect van de groei zijn op de CFIT-kans.

## 3.10 Fuel related (FUEL)

### 3.10.1 Achtergronden

Ongevallen en incidenten gerelateerd aan brandstof kunnen worden onderverdeeld in de volgende categorieën:

- Toevoerdefect (starvation/mismanagement): er is brandstof in het vliegtuig maar het is niet beschikbaar voor de motoren;
- Vervuiling (contamination): er zijn vreemde substanties in de brandstof aanwezig;
- Verkeerde brandstof (wrong fuel): de brandstof in de tanks is niet geschikt voor het type motoren;
- Tekort (exhaustion): er is geen bruikbare brandstof meer aanwezig in het vliegtuig.

De oorzaken van de eerste drie categorieën zijn gelegen in het vliegtuig zelf of in de keten van de brandstofvoorziening tot aan het tanken van vliegtuig. Oorzaken in het vliegtuig zijn onafhankelijk van het overige verkeer. Dit geldt ook voor oorzaken in de keten van de brandstofvoorziening: de processen in die keten spelen zich grotendeel buiten de luchthaven af en voor zover ze zich op een grote luchthaven als Schiphol afspelen, voldoen ze aan de hoogste kwaliteitsstandaarden, onafhankelijk van de grootte van de vraag naar brandstof. De kans op een incident in die drie categorieën is daarmee niet gerelateerd aan de verkeersvolumes. Dergelijke redeneringen gelden niet volledig voor de laatste categorie, die daarom hieronder in meer detail wordt beschouwd.

Vluchten in de commerciële luchtvaart hebben een vluchtplan waarmee de lengte, het hoogteprofiel, en de tijdsduur van de nominale vlucht vooraf vrij nauwkeurig bekend zijn. Op grond daarvan, en op basis van factoren als het type en het gewicht van het vliegtuig en het snelheidsprofiel, wordt de benodigde hoeveelheid zogeheten Trip Fuel bepaald. Samen met een zekere hoeveelheid Taxi Fuel is dit voor een vlucht zonder verdere verstoringen voldoende voor de reis van gate tot gate. De totale hoeveelheid brandstof die een vliegtuig tankt voor een vlucht bestaat daarnaast uit<sup>16</sup>:

- Brandstof voor onvoorziene omstandigheden (contingency fuel). Dit is extra brandstof voor factoren als wind, route- of luchtruimbependingen (die blijken tijdens de vlucht) en afwijkingen door verkeersleidingsinstructies. De hoeveelheid is typisch het maximum van 5% van de Trip Fuel en het equivalent van 5 minuten holden op 1500ft.
- Reservebrandstof (Final Reserve Fuel of Holding Fuel). Dit is brandstof voor de gevallen dat het vliegtuig langer in de lucht moet blijven dan voorzien, typisch als er voor langere tijd geen eindnadering op de luchthaven van de bestemming of de alternatieve luchthaven kan worden ingezet. De hoeveelheid is typisch gelijk aan de hoeveelheid brandstof om 30 minuten op lage hoogte te vliegen.
- Brandstof voor uitwijken (Alternate Fuel). Dit is brandstof die nodig kan zijn als er niet op de bestemming geland kan worden maar er moet worden uitgeweken naar een alternatief veld. De hoeveelheid komt typisch overeen met de brandstof nodig voor het maken van een missed approach op de bestemming, het klimmen, het vliegen naar de alternatieve luchthaven en de nadering en landing.
- Extra brandstof (extra fuel). Dit is een hoeveelheid brandstof die de captain van de vlucht nodig acht als additionele marge.

### 3.10.2 Invloed van groei op brandstofgerelateerde ongevallen

Het voorkomen van ongevallen door toevoerdefect, vervuiling en verkeerde brandstof zijn min of meer volledig onafhankelijk van de uitvoering van de vlucht, zeker van de hoeveelheid verkeer. Dit geldt niet voor de subcategorie "brandstoftekort", zoals boven aangegeven is. Uitgaande van de hoeveelheden brandstof zoals in de vorige sectie beschreven, zijn er in essentie twee mogelijke oorzaken voor brandstoftekort:

- Er is minder getankt dan nodig, bijvoorbeeld door een fout in de berekeningen of in de communicatie tussen de luchtvaartmaatschappij en de partijen betrokken bij het tanken en het toezicht daarop;
- De vlucht heeft meer brandstof nodig dan waarin is voorzien, bijvoorbeeld doordat er eerst 20 minuten moet worden gehold bij de luchthaven van de bestemming, dan wordt uitgeweken naar het alternatieve veld en er opnieuw 20 minuten moet worden gehold.

De eerste oorzaak is, net als de eerder genoemde categorieën brandstoftoevoerdefect, vervuiling, verkeerde brandstof onafhankelijk van de hoeveelheid verkeer. De kans op een scenario waarin de tweede oorzaak een rol

<sup>16</sup> De opsomming hieronder is niet geheel volledig omdat er in bijzondere gevallen nog meer brandstof mee gaat als ballast om het zwaartepunt binnen grenzen te houden of als de bestemming een afgelegen luchthaven betreft waarvoor geen alternatieve luchthaven bestaat.

speelt is ook onafhankelijk van de hoeveelheid verkeer. De reden daarvoor is dat het Europese luchtvaartstelsel zo is ingericht dat een vlucht niet zal vertrekken als er op dat moment al bekend is dat ergens een gebrek aan afhandelcapaciteit kan ontstaan, hetzij in een luchtruim, hetzij op de luchthaven van de bestemming. Dit stelsel is gebaseerd op het monitoren van zogeheten Traffic Flow Volumes (als de Amsterdam FIR), waarin de voorspelde hoeveelheid verkeer wordt vergeleken met een van de omstandigheden afhangelde drempelwaarde. Als de hoeveelheid verkeer te groot te dreigt te worden, dan worden vluchten gereguleerd door de centraal georganiseerde Network Manager in Brussel, die bijvoorbeeld een Calculated Take-off Time voor een vlucht kan bepalen waarop die dan met een beperkte tolerantie van -5 en + 10 minuten moet vertrekken [ATCFM Operational Manual, 2015 en EU 255, 2010].

Dit stelsel biedt echter geen oplossing voor situaties die zich tijdens de vlucht onverwachts kunnen voordoen. Het is mogelijk dat er bijvoorbeeld voor langere tijd niet op de luchthaven geland kan worden door oorzaken die pas blijken gaande de vlucht; bijvoorbeeld als gevolg van niet voorspeld onweer of de dreiging van een aanslag. De effecten van het onvoorzien, mogelijk gedeeltelijk, sluiten van een luchthaven nemen echter wel toe bij grotere verkeersvolumes: er komen per tijdseenheid meer vluchten bij, die dan typisch de holding in gaan en vervolgens zal de holding, met een beperkte capaciteit<sup>17</sup>, eerder vollopen of langzamer kunnen leeglopen. Dit alleen is geen oorzaak voor brandstoftekort: de vliegers kennen de hoeveelheid beschikbare brandstof en weten aan de hand van een aangepaste Estimated Approach Time of de zogeheten onward clearance time of deze hoeveelheid voldoende is en kunnen dan vervolgens uitwijken. Desondanks, kan bij een ernstige onvoorziene verstoring of calamiteit een beroep op de holding capaciteit en uitwijkmogelijkheden gedaan worden, die bij verdere groei ontoereikend zou kunnen blijken te zijn. Als wordt aangenomen dat er in dat proces een zekere kans is dat dit toch leidt tot een ongeval van de categorie brandstoftekort, dan wordt de kans per vlucht op dat type ongeval verhoogd. In het artikel [Drees, 2017] wordt een mogelijk verband gelegd tussen de benodigde hoeveelheid brandstof (in het bijzonder het equivalent van 30 minuten reservebrandstof) en het verkeersvolume. Overigens wordt in deze studie alleen de groei van Schiphol beschouwd, in die zin dat er niet wordt gekeken naar een mogelijke groei in toestellen dat *naar* Schiphol uitwijkt vanaf een andere luchthaven.

### 3.10.3 Conclusie

Van de vier brandstofgerelateerde subcategorieën is er één, namelijk “brandstoftekort”, met een verband met de hoeveelheid verkeer. Doordat de mechanismes die verkeersvolumes en afhandelcapaciteit in balans houden goed werken, wordt de kans dat een vliegtuig meer brandstof voor de geplande vlucht nodig heeft dan voorzien niet verhoogd bij toenemend verkeer. Desondanks is het niet uit te sluiten dat er een effect van groei bestaat op de kans op een brandstofgerelateerd ongeval. De belangrijkste factoren hierbij zijn de beschikbare holdingcapaciteit op Schiphol en de uitwijkmogelijkheden naar andere velden. Nadere analyse zal nodig zijn om zeker te stellen dat bij groei de beschikbare holdingcapaciteit en uitwijkmogelijkheden voldoende zijn om in geval van onvoorziene situaties, waarbij de luchthaven mogelijk volledig of gedeeltelijk gesloten moet worden, het luchtverkeer veilig af te handelen. Om dat te bepalen zou er gekeken kunnen worden naar grootheden als het aantal meldingen van Fuel Emergency en het aantal keren dat een holding is volgelopen, afgezet tegen het aantal vluchten per jaar.

<sup>17</sup> De maximale capaciteit van de holdings op de drie IAFs (Artip, River en Sugol) van Schiphol is (3x) 18 vliegtuigen, waarbij dan alle Flight Levels tussen FL70 en FL240 worden gebruikt. River kan eventueel overlopen naar de holding bij Narso; alle holdings kunnen overlopen naar een ad hoc holding maar dit gebeurt praktisch nooit.

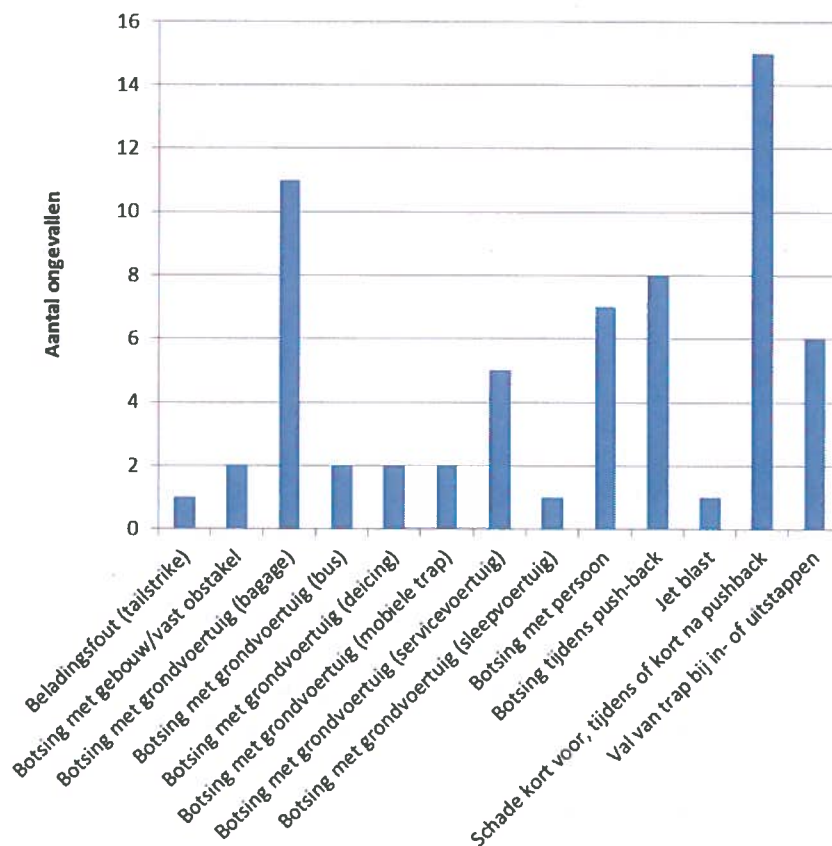


## 3.11 Ground handling (RAMP)

### 3.11.1 Achtergronden

Deze categorie betreft voorvallen die zich kunnen voordoen tijdens, of als gevolg van, grondaafhandeling. Het betreft voorvallen waarbij het vliegtuig niet op eigen kracht beweegt. Deze voorvallen vinden dus vooral plaats op de opstelplaatsen. Binnen de scope van de integrale veiligheidsanalyse gelden alleen voorvallen die plaatsvinden terwijl er aan boord van het vliegtuigen personen zijn die een vlucht gaan maken of net zijn aangekomen na een vlucht. Voorvallen gedurende deze tijd waarbij servicemedewerkers - werkzaam rond het vliegtuig - gewond raken tellen wel mee. Voorbeelden hiervan zijn beknellingen, jet blast-voorvallen en letsel door contact met propellers of fanbladen.

Tijdens grondaafhandeling gebeuren geregeld incidenten. Voor veel van deze incidenten geldt echter dat het onwaarschijnlijk is dat het ook tot een ongeval had kunnen leiden. De NLR Air Safety Database is geraadpleegd om te achterhalen welke typen voorvallen ook dusdanig ernstig kunnen zijn dat ze tot een ongeval leiden. Het gaat hierbij om ernstig letsel, grote schade of kleinere schade die tijdens de vlucht tot een ongeval leidt. Er zijn 63 ongevallen bekeken uit Europa en Noord-Amerika in de periode vanaf 2007. Onderstaande figuur toont een overzicht van aantallen RAMP-ongevallen onderverdeeld naar type ongeval.



Een groot gedeelte van de ongevallen zijn gerelateerd aan de pushback. Het betreft hier schade ontstaan kort voor, tijdens of kort na de pushback door de interactie met de pushback-truck en botsingen tussen twee vliegtuigen tijdens de pushback. Een ander veel voorkomend ongeval is een botsing tussen vliegtuig en grondvoertuig, met name



voertuigen gebruikt voor de bagageafhandeling. Ook zijn er ongevallen die persoonlijk letsel opleveren. Dit betreffen botsingen van het vliegtuig met een persoon en vallen van de trap bij in- of uitstappen van het vliegtuig.

De vraag is nu of het mogelijk is dat deze typen ongevallen vaker voor gaan komen per vliegbeweging bij een groei van het aantal bewegingen.

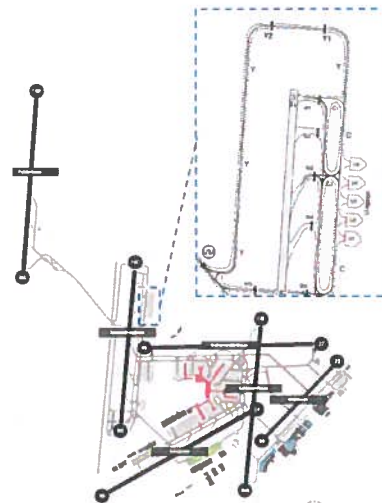
### 3.11.2 Invloed van groei op ongevallen tijdens grondafhandeling

De Airports Council International Europe (ACI Europe) heeft in haar position paper van 2011 (ACI, 2011) benadrukt dat goed functionerende Ground Service Providers (GSP) een randvoorwaarde zijn voor een veilige, efficiënte en betrouwbare operatie op een luchthaven in de huidige, sterk concurrerende markt. Vanwege de korte tijd die beschikbaar is voor afhandeling van passagiers, bagage en het vliegtuig, heeft inadequate afhandeling door GSP serieuze gevolgen voor de totale operatie van een luchthaven. Dit kan resulteren in een verhoging van het aantal voorvallen.

Om een verdere groei in bewegingen op Schiphol te accommoderen is in 2017 het besluit genomen om een extra pier (Pier A) te bouwen met 10-13 opstelplaatsen (zie Figuur 12). Deze pier is naar verwachting in 2019 gereed. Tot die tijd zal Schiphol de groei echter moeten opvangen met de al aanwezige infrastructuur. Om de zomerpiek van 2017 op te vangen is onder meer besloten structureel gebruik te maken van de bufferposities U1 t/m U5, parallel aan taxibaan C, om vliegtuigen af te handelen (zie Figuur 13).



Figuur 12: plannen pier A



Figuur 13: Bufferposities U1 t/m U5

Met betrekking tot een veilige en efficiënte grondafhandeling van vliegtuigen op Schiphol zijn in het verleden de volgende probleemgebieden geïdentificeerd (NLR, 2009):

- Adequate communicatie;
- Beschikbaarheid van voldoende gekwalificeerd en gemotiveerd personeel;
- Beschikbaarheid van voldoende geschikt materieel;
- Werkzaamheden op een beperkt oppervlak.



De toekomstige groei van Schiphol zal op elk van deze probleemgebieden invloed uitoefenen. Deze invloeden zijn hieronder verder uitgewerkt.

#### ***Adequate communicatie***

Elke Ground Service Provider (GSP) is afhankelijk van communicatie over bijvoorbeeld mass & balance, technische status, fuel status en gate-toewijzing. Wanneer het aantal turnarounds toeneemt, zal de communicatie die wordt gevoerd tussen voertuigchauffeurs en LVNL Ground Control (GC), AAS Apron Control Planning and Control operation (APC) en intern binnen GSPs per turnaround toenemen. Dit zal de kans op fouten vergroten. De risico's van niet, of gebrekkig communiceren zijn al in 2008 door het Veiligheidsplatform Schiphol (VpS) aangemerkt als belangrijk agendapunt (NLR, 2008) om de veiligheid van het grondafhandelingsproces te verbeteren. Daarnaast heeft het European Commercial Aviation Safety Team (ECAST) in 2010 onderzocht en vastgesteld dat communicatie een van de belangrijkste oorzaken was voor het maken van fouten onder afhandelingspersoneel (ECAST, 2010). De fouten in communicatie kunnen leiden tot ongevalsscenario's zoals een tailstrike of loss of control door een incorrect beladen vliegtuig. Een andere scenario is dat toestemming voor pushback wordt gegeven terwijl ander verkeer achter het vliegtuig langs rijdt, met een aanrijding tot gevolg.

#### ***Beschikbaarheid van voldoende gekwalificeerd en gemotiveerd personeel***

De groei in het aantal bewegingen op Schiphol heeft tot gevolg dat de GSPs hun capaciteit in personeel moeten vergroten. Volgens (FNV, 2015) is er op dit moment echter al sprake van een ernstig tekort aan ervaren personeel en zijn er bij veel GSPs onvoldoende middelen beschikbaar om te investeren in personeel. Dit heeft tot gevolg dat er gewerkt wordt met minimale bezetting en met onervaren krachten. Bij een verdere groei van Schiphol zal dit spanningsveld vergroot kunnen worden en dat kan resulteren in een toename in botsingen tussen grondvoertuigen en vliegtuigen vanwege onervaren personeel. Het kan ook leiden tot een toename in ongevallen vanwege een te laag bewustzijn van de gevaren die geassocieerd zijn met het werken op een vliegtuigopstelplaats (VOP).

#### ***Beschikbaarheid van voldoende, geschikt materieel***

Wanneer extra VOPs worden gecreëerd op relatief grote afstand van de terminal, zoals de bufferposities U1 t/m U5 parallel aan taxibaan C, zullen de chauffeurs van GSPs langere afstanden moeten afleggen om vliegtuigen af te handelen, waardoor er voor de totale operatie minder materiele capaciteit beschikbaar is. Dit geldt ook voor de tankdiensten, catering- en schoonmaakbedrijven en verhoogt de werkdruk op andere VOPs bij gelijkblijvende capaciteit. Verstoringen, bijvoorbeeld bij het onvoorzien uitvallen van materieel, zullen moeilijker kunnen worden opgevangen omdat er grote afstanden moeten worden afgelegd. Omdat de meeste GSPs op Schiphol onder grote concurrentiedruk staan, zal eerst een grondige kosten-baten analyse nodig zijn voordat er wordt geïnvesteerd in nieuw - of extra - materieel. De verwachting is dat het huidige materieel zo efficiënt en zo lang mogelijk zal worden ingezet (FNV, 2015). Dit kan negatieve gevolgen hebben voor de kwaliteit van het gebruikte materieel en creëert daarmee een risico voor zowel mens als materieel (voertuig en vliegtuig).

#### ***Werkzaamheden op een beperkt oppervlak***

Bij een toename van het aantal bewegingen op Schiphol, zal het aantal bewegingen van grondvoertuigen sterker toenemen; elke turnaround vereist namelijk ten minste dat bagage wordt uit- en ingeladen en dat het vliegtuig een pushback ontvangt vanaf de gate. Het is onvermijdelijk dat deze voertuigen gebruikmaken van het platform en de randwegen. Bij langere of ingewikkelder turnarounds kan het voorkomen dat er 10 verschillende organisaties met hun voertuigen aanwezig zijn in- en rond het vliegtuig (NLR, 2007). Wanneer extra VOPs in gebruik worden genomen, zullen grondvoertuigen zich moeten verplaatsen via de randwegen, waardoor de verkeersdichtheid toenemen, en hiermee het risico op aanrijdingen bij het op- en afrijden van een VOP.

Wanneer bij groei van het aantal vliegbewegingen geen VOPs beschikbaar worden gesteld, zullen de turnaround-tijden verder moeten worden ingekort om voldoende vliegtuigen te kunnen afhandelen op het beschikbare oppervlak. Dit heeft verschillende gevolgen:

- Bagage en/of cargo moet sneller worden uit- en ingeladen. Tijdens dit proces gebeuren de meeste ongevallen waarbij vliegtuigschade wordt veroorzaakt (NLR, 2009);
- Meerdere afhandelingsactiviteiten moeten steeds meer gelijktijdig plaatsvinden, waardoor er meer voertuigen gelijktijdig op de VOP moeten rijden en staan. Dit vergroot de kans op botsingen met het vliegtuig;
- Het op tijd verstrekken zal steeds belangrijker worden omdat de VOP vrijgemaakt moet worden voor het volgende vliegtuig. De druk op het grondpersoneel om op tijd te vertrekken neemt toe, met een mogelijk vergrote kans op fouten tot gevolg;
- De marge om kleine verstoringen of vertragingen op te vangen wordt steeds kleiner. Het overschrijden van deze marge zal steeds grotere gevolgen hebben voor de rest van de operatie;

Bovenstaande punten zijn achterliggende oorzaken die een negatieve invloed kunnen hebben op de veiligheid. Daarnaast heeft het European Commercial Safety Team (ECAST) in 2010 onderzocht en vastgesteld dat factoren als tijdsdruk, stress, vermoeidheid en communicatie de belangrijkste oorzaken waren voor het maken van fouten onder afhandelingspersoneel (ECAST, 2010). Het maken van fouten zal niet direct leiden tot incidenten of ongevallen, mits voldoende en adequate veiligheidsbarrières aanwezig zijn om de negatieve effecten van fouten te mitigeren. Om dit te borgen is een goed functionerend veiligheidsmanagementsysteem bij GSP noodzakelijk, wat op dit moment nog niet wettelijk vereist is.

### 3.11.3 Conclusies

Geconcludeerd kan worden dat het aannemelijk is dat bij een groei van het aantal bewegingen de ongevalskans per beweging gerelateerd aan grondaafhandeling toeneemt. Dit komt omdat er meer communicatie nodig is, een groter beroep op de beschikbare capaciteit (mensen en middelen) wordt gedaan, meer voertuigbewegingen plaatsvinden zowel op de VOP als op de randwegen en de werkdruk wordt verhoogd. Dit alles leidt tot een verhoogde kans op fouten en het verkleinen van de (veiligheids)marges om verstoringen op te vangen en fouten te mitigeren.

## 3.12 Ground Collision (GCOL)

### 3.12.1 Achtergronden

De categorie 'Ground Collision' (GCOL) omvat botsingen van een vliegtuig met een ander vliegtuig, een persoon, grondvoertuig, obstakel, gebouw etc. Het gaat om botsingen die plaatsvinden terwijl het vliegtuig op eigen kracht voortbeweegt op een oppervlak anders dan de baan gebruikt voor de landing of start. Botsingen die voortkomen uit een 'Runway Incursion' vallen dus niet in deze categorie. Botsingen tijdens 'powerback' worden gecodeerd onder 'Ground Handling'. Een powerback is een pushback waarbij geen gebruik wordt gemaakt van een pushback-truck, het vliegtuig wordt met behulp van de eigen motoren weggedreven van de gate. Op Schiphol wordt er geen gebruik

gemaakt van powerbacks. Omdat pushbacks niet op eigen kracht gebeuren vallen voorvallen tijdens de pushback ook niet onder GCOL.

In tegenstelling tot in gecontroleerd luchtruim is de flight crew op de grond zelf verantwoordelijk voor het behouden van separatie met ander verkeer. De luchtverkeersleiding zal aangeven naar welke startbaan of welke gate een vliegtuig zich moet begeven en welke route daarbij gevolgd moet worden. De bewegingen worden daarbij gemonitord door de grondverkeersleider van de LVNL en er kan verkeersinformatie gegeven worden.

Er zijn diverse causale factoren aan te wijzen die bijdragen aan de botsingskans op de grond [NLR, 2003]:

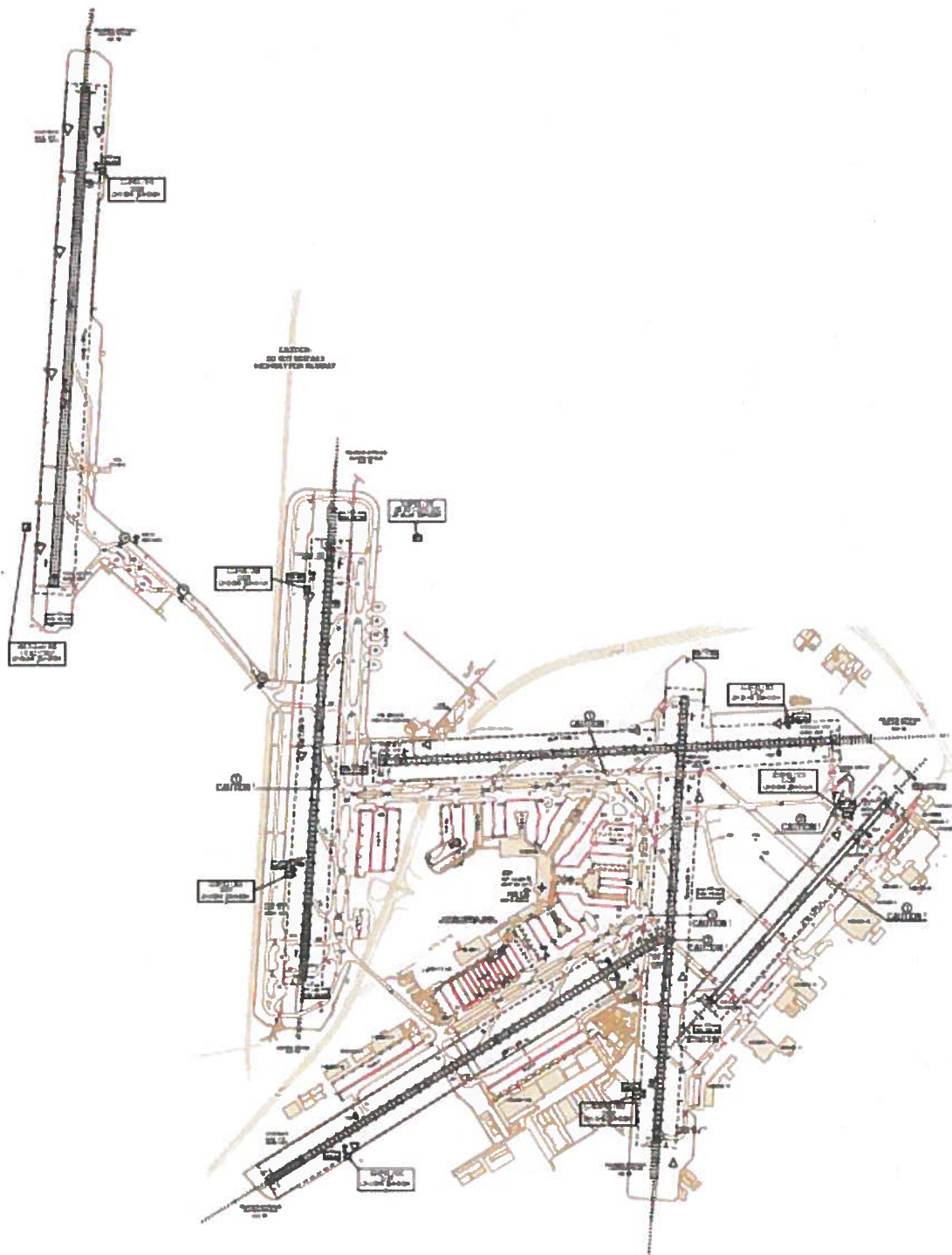
- Omgevingsfactoren: slecht zicht;
- Vliegers: gebrek aan positional awareness, niet goed naar buiten kijken, niet houden aan procedures, het nalaten van het nemen van actie of het nemen van ongeschikte acties en falen van crew resource management;
- Luchtverkeersleiding: incorrecte instructies/advies;
- Systeemfalen: falen van vliegtuigsystemen die de controleerbaarheid van het vliegtuig beïnvloeden of het falen van ATC-grondsystemen.

### 3.12.2 Invloed verkeersgroei op GCOL

Allereerst kan er worden vastgesteld dat er de er geen invloed van verkeersgroei is op de kans per beweging van botsingen met obstakels en gebouwen. De reden hiervoor is dat de verkeersgroei geen effect heeft op de aanwezigheid van obstakels en gebouwen waarmee gebotst kan worden. De verkeersgroei heeft wel een effect op het aantal vliegtuigen, grondvoertuigen en personen dat op de luchthaven aanwezig is, dit aantal zal groeien. Zoals beschreven in de sectie RAMP zal bij een toename van het aantal bewegingen op Schiphol ook het aantal bewegingen van grondvoertuigen sterk toenemen.

Botsingen op de grond zijn een reëel probleem. De verkeersdichtheid op taxibanen in de huidige situatie wordt al gezien als mogelijk obstakel voor een verdere groei van Schiphol [NLR, 2015]. Door de ingebruikname van extra VOPs, zoals U1 t/m U5, zal GSP-verkeer via de randwegen en taxibanen van en naar de VOPs moeten rijden. Dit geeft extra werklast voor de LVNL GC, omdat elke taxaankruising door hen gecoördineerd moet worden. Daarnaast leidt extra verkeer op de taxibanen tot een verhoogde kans op een botsing, zoals in het vervolg van deze sectie wordt beschreven. Om het stijgende aantal 'encounters' in de 'manoeuvring area' tegen te gaan, is eind 2015 het Ground Movement Safety Team opgericht als onderdeel van het Veiligheidsplatform Schiphol. De deelnemers zijn KLM, ILT, Schiphol, LVNL en Swissport.



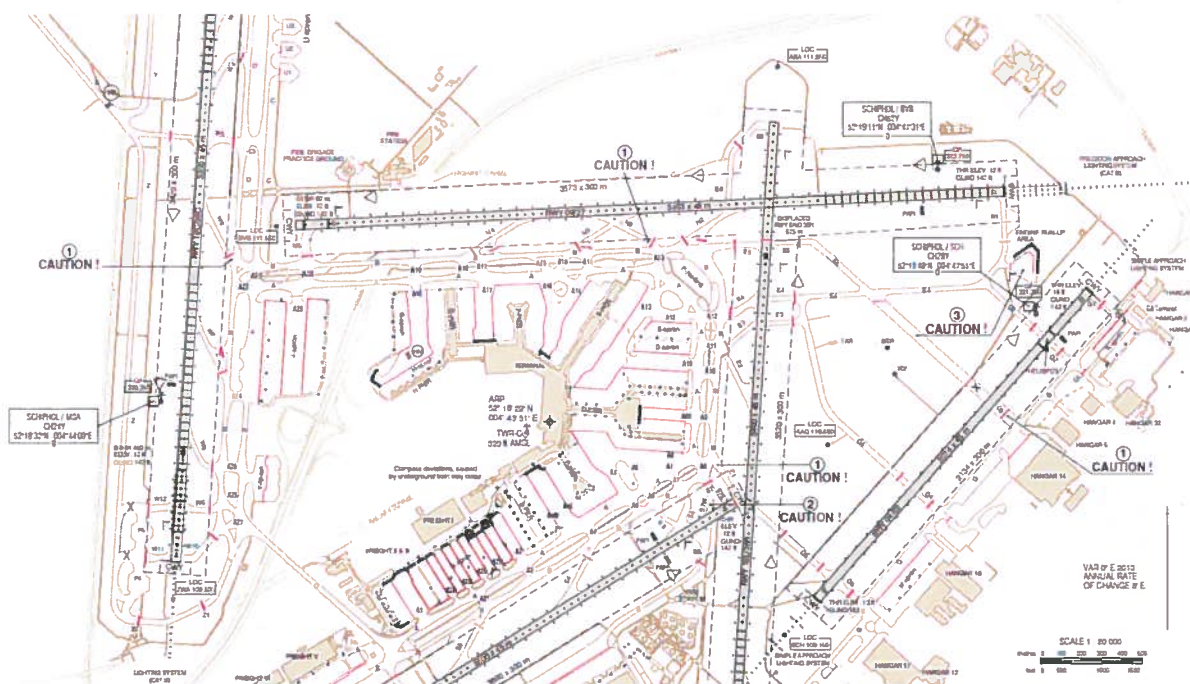


*Figuur 14: (taxi)banenstelsel Schiphol*

Op de grond geldt - net als in de lucht - dat er een geometrisch-kinematisch effect is dat maakt dat de kans op een GCOL per beweging recht evenredig is met de dichtheid van het verkeer op dat moment. Zie hiervoor de uitwerking van de ongevals categorie MAC. Omdat er geen vaste separatieafstand geldt en er niet actief door de luchtverkeersleiding gesepareerd wordt, geldt het geometrisch-kinematisch effect voor zowel longitudinale conflicten (twee vliegtuigen taxiën achter elkaar) en transversale conflicten (twee vliegtuigen bewegen zich op kruisende taxibanen).



Figuur 14 en Figuur 15 geven overzichten van het banenstelsel inclusief taxibanen op Schiphol. Het verkeer van en naar start- en landingsbanen is goeddeels gescheiden, op het stuk over de A4 na. Er zijn echter plannen om ook hier het verkeer te scheiden. Botsingen zullen dus met name het gevolg zijn van longitudinale conflicten tussen twee vliegtuigen die op dezelfde taxibaan in dezelfde richting taxiën en transversale conflicten bij het kruisen van taxibanen. Daarnaast kunnen er botsingen zijn als gevolg van conflicten tussen een vliegtuig en een grondvoertuig.



Figuur 15: (taxi)banenstelsel Schiphol - detail

De hierboven genoemde causale factoren kunnen fouten veroorzaken. Aannemende dat de kans van optreden van de hierboven genoemde causale factoren niet met verkeersgroei toeneemt, kan gesteld worden dat bij een fout de kans dat een ander vliegtuig (of grondvoertuig) aanwezig is lineair toeneemt met de verkeersgroei. Daarnaast kan de groei van verkeer effect hebben op de werklast van de vlieger, bestuurder van het grondvoertuig of de verkeersleider wat mogelijk de kans op fouten vergroot. Dit verband is echter nog niet duidelijk.

Er dient opgemerkt te worden dat er wordt aangenomen dat de piekcapaciteit van banen gelijk blijft. Dit betekent dat het maximaal aantal voertuigen dat op een bepaald moment actief is op Schiphol niet toeneemt. De maximale kans op GCOL zal dus ook niet toenemen. Wel is het zo dat de duur van het gebruik van die maximale capaciteit zal toenemen. Het aantal vliegtuigen dat wordt blootgesteld aan de maximale GCOL-kans neemt dus wel toe.

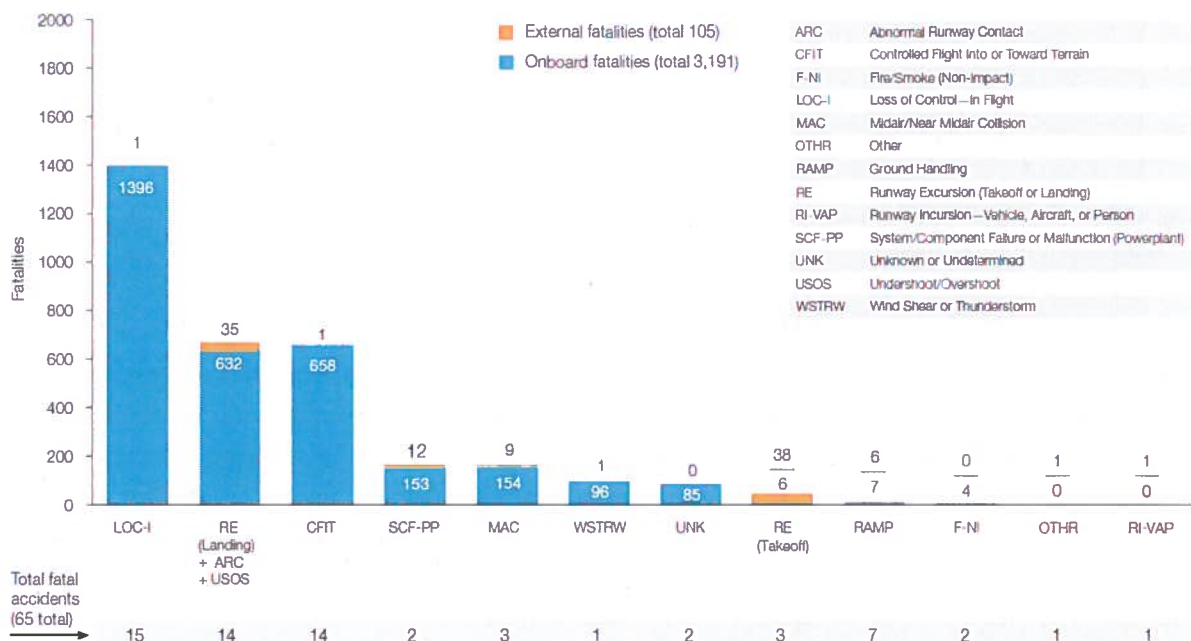
### 3.12.3 Conclusie

De kans op GCOL per beweging neemt toe met de dichtheid van het verkeer op dat moment. Dit komt onder andere door een geometrisch-kinematisch effect: hoe meer verkeer in de buurt, hoe groter de kans op een botsing. Dit effect geldt met name voor longitudinale conflicten tussen twee vliegtuigen die op dezelfde taxibaan in dezelfde richting taxiën en transversale conflicten bij het kruisen van taxibanen. Daarnaast geldt het voor conflicten tussen een vliegtuig en een grondvoertuig. De ongevalskans kan additioneel vergroot worden wanneer een verhoogde werklast door de groei in verkeer zorgt voor meer fouten. Dit verband is echter nog niet duidelijk.

## 3.13 Loss of control - inflight (LOC-I)

### 3.13.1 Achtergronden

Ongevallen in de categorie 'Loss Of Control-In-flight' (LOC-I) hebben betrekking op ongevallen waarbij de bemanning niet langer in staat is het vliegtuig te besturen, met als gevolg dat een onherstelbare afwijking van het gewenste vliegp pad ontstaat. LOC-I ongevallen zijn in bijna alle gevallen fataal: 97% van de LOC-I ongevallen leidt tot dodelijke gevolgen voor de bemanning en passagiers [IATA, 2015]. In sommige gevallen leiden LOC-I ongevallen ook tot slachtoffers op de grond, omdat vliegers bij een onbestuurbaar vliegtuig geen invloed kunnen hebben op de locatie van de crash. Het ongeval met een El-Al Boeing 747 in de Bijlmermeer op 4 oktober 1992 is hiervan een tragisch voorbeeld. De LOC-I ongevals categorie is al een aantal jaren wereldwijd de meest voorkomende in de luchtvaart. Een recente analyse [Boeing, 2015] geeft het volgende beeld.

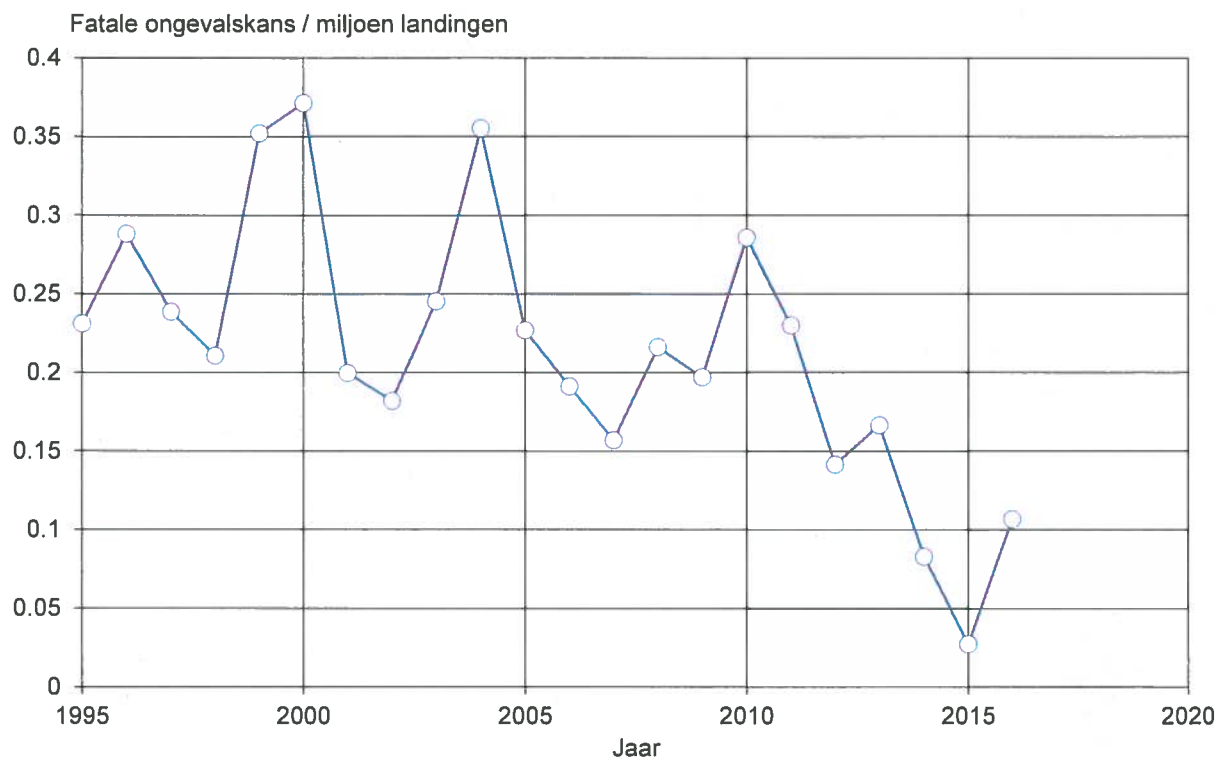


**Figuur 16: Dodelijke vliegtuigongevallen met commerciële straalvliegtuigen wereldwijd over de periode 2006-2015, per ongevalscategorie [Boeing, 2015].**

Hieruit komt naar voren dat LOC-I over de laatste 10 jaar met afstand de belangrijkste oorzaak is voor dodelijke ongevallen. Om deze reden is deze categorie ongevallen dan ook onderwerp van diverse wereldwijde initiatieven om het aantal naar beneden te brengen. Een belangrijk initiatief in dit verband betreft het Civil Aviation Safety Team (CAST), dat aan het eind van de vorige eeuw een grootschalige actie heeft ondernomen om door middel van teams van wereldwijde experts de oorzaken van LOC-I-ongevallen nader te analyseren (de zogenaamde Joint Safety Analysis Teams (JSAT)<sup>18</sup>) en maatregelen voor te stellen om deze ongevallen te voorkomen. Dit heeft geleid tot diverse interventiestrategieën, die erop gericht zijn om de kans op een LOC-I-ongeval naar beneden te brengen.

<sup>18</sup> NLR heeft als expert in de Loss Of Control JSAT deelgenomen.

Sinds circa 2005 wordt het effect van deze initiatieven geleidelijk zichtbaar. Dit wordt geïllustreerd door Figuur 17. Hier staat de fatale LOC-I-ongevalskans weergegeven voor de periode 1995 t/m 2016. De data zijn afkomstig uit de NLR Air Safety Database en beslaan wereldwijde commerciële vluchten.



Figuur 17: Ontwikkeling fatale LOC-I ongevalskans tussen 1995 en 2016 (bron: NLR).

Ondanks deze geleidelijke verbetering blijft LOC-I nog steeds de dominante categorie voor fatale ongevallen. Er zijn diverse oorzaken die bijgedragen aan LOC-I-ongevallen. Veel van deze factoren zijn terug te leiden naar de vliegers [Jacobsen, 2010 en Belcastro, 2010], zoals onvoldoende training, onvoldoende vliegvaardigheid, situational awareness, niet-stabiele naderingen, onjuiste handelingen naar aanleiding van systeemfouten, etc. Ook de weersomstandigheden kunnen een belangrijke rol spelen bij LOC-I-ongevallen, zoals turbulentie, windschering en ijsvorming. Tenslotte kunnen LOC-I-ongevallen veroorzaakt worden door het falen van een systeem, zoals verkeerde aanwijzingen van sensoren, motorstoringen, schade aan stuurvlakken, etc.

Er is niet één bepaalde factor die een dominante rol speelt bij LOC-I-ongevallen. Daarom is een veelheid van initiatieven nodig om LOC-I-ongevallen te kunnen verminderen. Desondanks, speelt menselijk handelen bij LOC-I een zeer belangrijke rol: in circa 70% van de gevallen is (onjuist) handelen van de bemanning de voornaamste factor bij het tot stand komen van het ongeval.

Veel initiatieven zijn er daarom op gericht de vliegertraining te verbeteren, zoals bijvoorbeeld door Upset Recovery Training en door vliegers opmerkzaam te maken op manieren om een LOC-I-situatie te herstellen. Hiertoe is in 2008 door de Flight Safety Foundation de "Airplane Upset Recovery Training Aid" gepubliceerd. Ondanks deze initiatieven en de geleidelijke afname in de LOC-I-ongevalskans, zoals geïllustreerd in Figuur 17, blijft LOC-I een belangrijke ongevals categorie, en daarmee ook zeer relevant voor de veiligheid op en rond Schiphol. Dit wordt nog eens onderstreept door het feit dat het laatste fatale ongeval op Schiphol (te weten het ongeval met Turkish Airlines, op 25 februari 2009) een LOC-I-ongeval was.

### 3.13.2 Invloed verkeersgroei op LOC-I ongevalskans

De vraag is wat de invloed is van verkeersgroei op Schiphol op de kans van een LOC-I-ongeval. Deze vraag kan worden beantwoord door te kijken naar de invloed van de groei op de belangrijkste oorzaken van een LOC-I-voorval. Data laten zien dat belangrijke oorzakelijke factoren liggen bij de vlieger en het systeemontwerp. Het wordt echter verwacht dat bij een beperkt groeiscenario de vlootsamenstelling (en het systeemontwerp daarvan) niet significant zal wijzigen. Ook de mate waarin vliegers getraind zijn om LOC-I-ongevallen te voorkomen, zal naar verwachting niet significant wijzigen ten opzichte van de uitgangssituatie. Daarmee wordt de dominante factor in LOC-I-ongevallen niet significant beïnvloed door een beperkte groei.

De veronderstelling dat de vlootsamenstelling ongewijzigd blijft is belangrijk, omdat uit de literatuur [IATA, 2014] bekend is dat bijvoorbeeld vrachtvliegtuigen een aanzienlijk hogere kans op een LOC-I-ongeval hebben (meer dan een factor twee) dan passagiersvliegtuigen. Ook blijken turbopropvliegtuigen gevoeliger voor loss-of-control dan straalvliegtuigen (ook ongeveer een factor twee). Daarom is het van belang vast te stellen of het aandeel vrachtvliegtuigen of turboprops niet disproportioneel zal toenemen. In het geval dat dit aandeel zou afnemen, kan dit dus een gunstig effect hebben.

Specifieke karakteristieken van een luchthaven en verkeersleiding kunnen naast genoemde factoren een rol spelen bij het tot stand komen van een LOC-I-ongeval, wanneer deze zouden kunnen bijdragen aan het ontstaan van een hoge werkbelasting en verminderde situational awareness bij de vlieger. Ook onstabiele naderingen hebben in een aantal gevallen bijgedragen aan het ontstaan van LOC-I-ongevallen. Wanneer het groeiscenario hogere werkbelasting, verminderde situational awareness en onstabiele naderingen in de hand zou werken, dan zou dit een effect kunnen hebben op de LOC-I-ongevalskans per vlucht.

Nader zal onderzocht moeten worden of de groeiscenario's daadwerkelijk deze effecten met zich mee zouden kunnen brengen. Er kan mogelijk gedacht worden aan vaker verkort indraaien, op basis van ATC-vectoren, naar de Final Approach Fix om de baancapaciteit te verhogen. Het is bekend dat dit tot een verhoging van de werklast en onstabiele naderingen kan leiden, en daarmee tot een verhoging van het risico. Ook het mogelijk verkleinen van de separatieintervallen tussen vliegtuigen kan de capaciteit verhogen, maar kan tegelijkertijd leiden tot een grotere kans op uitwijkmanoeuvres, missed approaches of onstabiele naderingen. Ook dit zou kunnen leiden tot een verhoging van de LOC-I-kans. Het is daarom van belang om vast te stellen op welke wijze de luchthaven en de verkeersleiding de groei willen accommoderen, en te beoordelen of dit kan bijdragen tot een toename in de factoren die kunnen leiden tot een LOC-I ongeval.

### 3.13.3 Conclusie

Gezien het grote belang van het voorkomen van LOC-I-ongevallen ten behoeve van het waarborgen van de veiligheid wordt geconcludeerd dat een effect van groei op de LOC-I-ongevalskans niet op voorhand kan worden uitgesloten. Nadere studie van mogelijke effecten in samenhang met de capaciteitsverhoging is daarvoor vereist. Belangrijke aspecten zijn hierbij de verkeersafhandeling door de luchtverkeersleiding, en de verkeerssamenstelling van de groeicomponent.



## 3.14 Loss of Control – Ground (LOC-G)

### 3.14.1 Achtergronden

Ongevallen in de categorie 'Loss Of Control-Ground' (LOC-G) hebben betrekking op ongevallen waarbij de bemanning niet langer in staat is het vliegtuig te besturen, terwijl het toestel op de grond is. LOC-G-voorvallen kunnen veroorzaakt worden door een gladde start/landingsbaan of taxibaan, als gevolg van regen, sneeuw, ijs of slush (smeltende sneeuw). LOC-G kan ook veroorzaakt worden als gevolg van voorvallen uit een andere categorie, bijvoorbeeld als gevolg van een motorstoring (SCF-PP) of een technisch falen (SCF-NP), of als gevolg van een ontwijkmanoeuvre tijdens een Runway Incursion (RI). LOC-G kan ook resulteren in voorvallen uit een andere categorie, bijvoorbeeld runway excursions.

### 3.14.2 Invloed verkeersgroei op LOC-G ongevalskans

De vraag is wat de invloed is van verkeersgroei op Schiphol op de kans van een LOC-G-ongeval. Deze vraag kan worden beantwoord door te kijken naar de invloed van de groei op de belangrijkste oorzaken van een LOC-G-voorval.

In algemene zin zijn de kansen op LOC-G-voorvallen erg laag, omdat het om een combinatie van kleine kansen gaat. De kans op een motorstoring of technisch systeemfalen is klein, en lang niet in alle gevallen leidt dat tot een verlies van besturing. Bovendien wordt een voorval alleen als een LOC-G-voorval gecategoriseerd wanneer het faalgeval niet onvermijdelijk tot een onbestuurbare situatie leidt, maar slechts de aanleiding vormt voor een situatie waarbij "loss-of-control" zich voordoet. Hetzelfde geldt voor uitwijkmanoeuvres na een Runway Incursion; een uitwijkmanoeuvre zal lang niet in alle gevallen tot een onbestuurbare situatie leiden. De combinatie van kleine kansen, maakt de kans op LOC-G dus erg klein. Dezelfde redenering gaat ook op voor gladde banen; deze omstandigheden leiden lang niet in alle gevallen tot het verliezen van de bestuurbaarheid. Veelal vindt dit plaats onder extreme weerscondities, die inherent (op Schiphol) een lage kans van voorkomen hebben.

Uit de voorvalstatistieken blijkt dan ook dat LOC-G-voorvallen slechts zeer sporadisch voorkomen. LOC-G-voorvallen met fatale afloop zijn buitengewoon zeldzaam. Zelfs als een loss-of-control voorval zich voordoet op de grond, leidt dat –in tegenstelling tot loss-of-control inflight– in veel gevallen niet tot een fataal ongeval. In het overzicht van fatale ongevallen met straalvliegtuigen [Boeing, 2015] komt de categorie LOC-G dan ook niet voor. In de laatste 10 jaar hebben zich in deze categorie dus geen fatale ongevallen voorgedaan. Ernstige schade aan het vliegtuig wordt in het geval van een LOC-G ook vaak voorkomen omdat er rond de banen nog de nodige ruimte bestaat (strip, runway end safety area, etc.) waarin een LOC-G opgevangen kan worden.

De vraag is dan ook of deze categorie wel relevant is in relatie tot groei op Schiphol. De kans op gladde banen (zware regen, ijs, sneeuw, e.d.) op Schiphol is niet gerelateerd aan het aantal bewegingen. Ook de kans op motor- of systeemfalen is niet gerelateerd aan het aantal bewegingen.

Een mogelijke uitzondering wordt gevormd door LOC-G voorvallen, die geïnitieerd worden door Runway Incursions. Zoals in sectie 3.16 aangegeven wordt, is het mogelijk dat zonder verdere maatregelen de kans op een Runway Incursion onevenredig toeneemt met de groei. Mocht dit het geval zijn, dan zal als gevolg daarvan ook de kans op een LOC-G-voorval toenemen, al is het slechts een percentage van het aantal RI's. Daarmee is het effect van groei op LOC-G-voorvallen onlosmakelijk verbonden aan het effect op RI-voorvallen. Als de kans op RI-voorvallen beheerst wordt



door specifieke mitigerende maatregelen, dan wordt automatisch ook het effect op LOC-G voorvallen beheerst. Tevens dient opgemerkt te worden dat LOC-G die leiden tot runway excursions, al afgedekt worden door de beschouwing van die categorie, zie sectie 3.16.

### 3.14.3 Conclusie

Het effect van groei op de LOC-G-voorvallen is conditioneel afhankelijk van het effect van groei op de Runway Incursion voorvallen. Een aparte beschouwing met betrekking tot het effect van groei op deze categorie lijkt daarom niet nodig. Daarbij wordt nog opgemerkt dat deze voorvallen slechts zeer sporadisch voorkomen en dat het effect daarom zelfs in het meest ongunstige geval naar verwachting verwaarloosbaar is in de totale ongevalskans. Tevens dient opgemerkt te worden dat LOC-G die leiden tot runway excursions, al afgedekt worden door de beschouwing van die categorie.

## 3.15 Navigation errors (NAV)

### 3.15.1 Achtergronden

Deze categorie van navigatiefouten betreft de voorvallen waarin het incorrect navigeren van het vliegtuig, in de lucht of op de grond, een rol speelt. Dit betreft de volgende subcategorieën:

- Laterale navigatiefouten veroorzaakt door ongeschikte navigatiemiddelen op de grond of onjuist programmering van vliegtuigsystemen;
- Luchtruimschendingen als het resultaat van onjuiste navigatie, fouten in de planning en dergelijke;
- Hoogteafwijkingen ("level busts");
- Taxibaan excursions (niet als gevolg van gebrek aan controle of opzet);
- Geen nauwkeurig geleiding door navigatiesignalen ("*failure to accurately track navigation signals*"), zowel lateraal als verticaal;
- Afwijking van klaringen en instructies van de luchtverkeersleiding of van gepubliceerde procedures;
- Geen naleving van de klaringen, instructies of beperkingen tijdens operaties op de grond.

Navigatiefouten op zich zelf leiden niet tot ongevallen. Navigatiefouten zijn wel causale factoren in ongevallen in andere categorieën:

- Als een navigatiefout leidt tot een botsing met een ander vliegtuig in de lucht, is er zowel sprake van een NAV als een MAC;
- Als het vertrekken of landen of het kruisen van een baan zonder klaring plaats vindt, is er zowel sprake van een NAV als een RI;
- Als een standard-instrument-vertrek of een instrument-nadering door navigatiefouten leidt tot een botsing met een obstakel, is er zowel sprake van een NAV als een CFIT (of CTOL ten tijde van takeoff en landing).
- Als een vliegtuig niet op het glijpad van de ILS blijft, is er zowel sprake van een NAV als een USOS of CFIT.

In deze sectie wordt de analyse beperkt tot de invloed van verkeersgroei op de kans van een NAV-ongeval per vlucht. Daarbij speelt het onderscheid tussen de volgende oorzaken een rol:

- Fouten of omissies in de navigatiemiddelen of -diensten, buiten het domein van het vliegtuig;

- Fouten in het domein van het vliegtuig;
- Fouten in het domein van de vlieger.

### 3.15.2 Invloed verkeersgroei op NAV

De vraag wat de invloed is van verkeersgroei op de kans op een NAV-ongeval per vlucht wordt beantwoord door de mogelijke oorzaken van navigatiefouten te beschouwen. De mogelijke oorzaken daarvan liggen in het domein van navigatiemiddelen, het vliegtuig of de vlieger. Hierbij is het van belang dat het laatste domein ook het volgende omvat: fouten en misverstanden in het grensvlak tussen enerzijds de vlieger en anderzijds de klaringen en instructies van de luchtverkeersleiding, de gepubliceerde procedures of de beperkingen van de luchthaven op de grond<sup>19</sup>.

De kans op fouten of omissies in de navigatiemiddelen of -diensten zijn onafhankelijk van het overige verkeer: de processen in die keten spelen zich grotendeel buiten de luchthaven af en voor zover ze zich op een grote luchthaven als Schiphol afspelen, voldoen ze aan de hoogste kwaliteitsstandaarden, onafhankelijk van de verkeersdruk. De kans op een NAV-voorval als gevolg van de eerste soort oorzaken is daarmee niet gerelateerd aan het verkeer. Dit geldt ook voor fouten in het domein van het vliegtuig.

Voor de fouten in het domein van de vlieger geldt dit niet zonder meer. In het bijzonder zijn er twee aspecten waarin het verkeersvolume een rol kan spelen: ILS-navigatie en klaringen en instructies van de luchtverkeersleiding. Deze twee aspecten worden hieronder in meer detail behandeld.

#### *Invloed verkeersgroei op ILS-navigatie*

Het kan zijn dat de drukte leidt tot minder tijd voor goede navigatiegeleiding. Dit is niet goed voorstelbaar voor de veruit meest gebruikte vertrekoperatie, namelijk die middels een Standard Instrument Departure (SID), waarbij het vliegtuig doorgaans zelfstandig navigeert. Het is wel voorstelbaar voor de veruit meest gebruikte eindnadering, namelijk middels een ILS<sup>20</sup>.

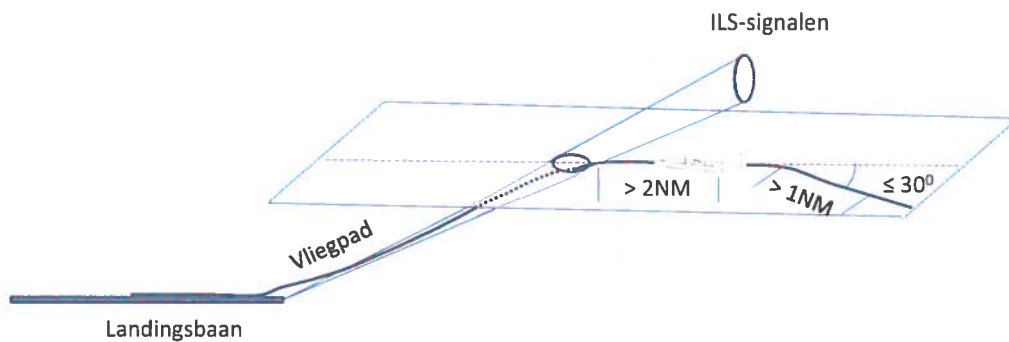
Voor goede geleiding van het vliegtuig naar de landingsbaan met behulp van het ILS-systeem is het namelijk nodig dat het vliegtuig de signalen tijdig en juist oppakt en vervolgens daarmee stabiel navigeert. Typische richtlijnen daarvoor zijn<sup>21</sup>:

- De hoek tussen de gevectorde koers naar het localisersignaal en het verlengde van de baan is 30° of minder;
- Het pad van de laatste gevectorde koers bevat minimaal 1 NM stabiele vlucht zonder verticale beweging tot aan de interceptie van het localisersignaal;
- Het pad na interceptie van het localisersignaal bevat minimaal 2 NM stabiele vlucht zonder verticale beweging tot aan de interceptie van het glijpadsignaal;
- Het glijpadsignaal wordt van onderen aangevlogen.

<sup>19</sup> Voorvallen die hier worden ingedeeld als "fout in het domein van de vlieger" kunnen dus een oorzaak hebben in een fout buiten de vlieger.

<sup>20</sup> ILS staat voor Instrument Landing System. Dit systeem kent twee onderdelen: het localiser-signaal voor laterale navigatie naar de baan en het glijpadsignaal voor verticale navigatie naar de baan. Het is ook mogelijk alleen het localiser-signaal te gebruiken, maar omdat dit relatief weinig gebeurt gaat de hoofdttekst in op de nadering met het gebruik van beide signalen.

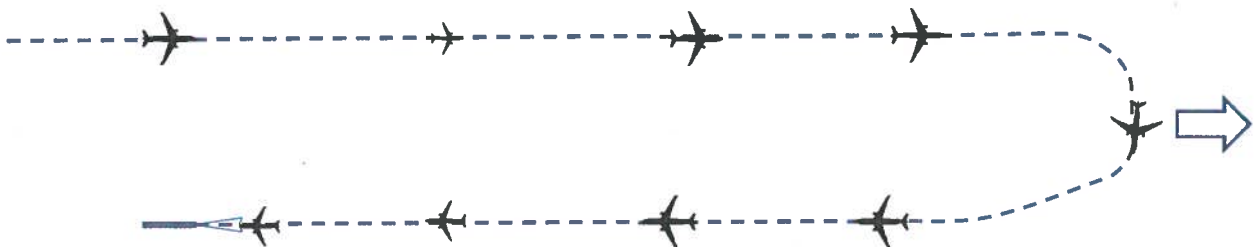
<sup>21</sup> De richtlijnen komen uit de PANS-ATM en gelden voor het instrueren van manoeuvres door de verkeersleiding aan de vlieger. Deze laatste heeft de verantwoordelijkheid om te bepalen of de nadering stabiel is of moet worden afgebroken.



Figuur 18: Richtlijnen voor de stabiele navigatie tijdens een ILS-nadering

Het afwijken van deze richtlijnen verhoogt de kans op een navigatiefout. Daarmee komt de vraag op of grotere verkeersdruk vaker leidt tot het afwijken van deze richtlijnen. Het antwoord hierop is niet eenduidig omdat er twee tegengestelde effecten kunnen optreden:

- Als het druk is zal een ARR-verkeersleider op Schiphol de afhandeltijd per nadering verder minimaliseren door verkort indraaien. Daarbij kan het vectoren zo krap worden dat het resulterende vliegpad niet meer overeen komt met de boven gegeven richtlijnen. Dit leidt, zoals eerder aangegeven, niet onmiddellijk tot een navigatiefout, en nog voordat die plaatsvindt, en zeker daarna, kan de vlieger besluiten om de nadering niet door te zetten om zo een incident of een ongeval te vermijden. Er blijft echter wel een mede door de drukte verhoogde kans op een navigatiefout over.
- Als het aanbod voor een landingsbaan de capaciteit ervan voor langere tijd overschrijdt, kan de ARR-verkeersleider de vliegtuigen een langere downwind-leg laten vliegen, om daarmee de onderlinge separatie te waarborgen. Dit leidt tot wat verkeersleiders een "trombone" noemen, zoals geïllustreerd in het figuur hieronder. Het gevolg hiervan is dat het pad recht voor de baan langer wordt en de ILS-navigatie minder aan fouten onderhevig wordt. Er blijft dus een mede door de drukte verlaagde kans op een navigatiefout over.



Figuur 19: Bij veel aanbod voor een landingsbaan kiest de verkeersleiding op Schiphol typisch voor de langer wordende "trombone", zoals de pijl naar rechts aangeeft. Als het aanbod afneemt, schuift de trombone als het ware weer naar links.

#### Invloed verkeersgroei op beperkte naleving van klaringen en instructies

Onder navigatiefouten vallen ook afwijkingen van klaringen en instructies, zoals die van de luchtverkeersleiding. Deze nemen toe bij toenemende verkeersdruk onder twee aannames:

- De kans op een afwijking per klaring of instructie is constant of neemt iets toe door werkdruk;
- Het aantal klaringen en instructies per vlucht nemen toe als de verkeersdruk toeneemt.

De eerste aanname is niet in detail onderzocht maar er is ook geen reden om iets anders aan te nemen. De tweede aanname lijkt voor de hand te liggen maar blijkt maar gedeeltelijk juist omdat maar een klein deel van de instructies gerelateerd zijn aan verkeer. De meeste klaringen ("cleared for Take-off / Approach / Landing/...") zijn namelijk min of



meer eenmalig. Dat geldt ook voor een groot deel van de van de instructies voor manoeuvres omdat die gerelateerd zijn aan de vluchttuitvoering ("Line up", "Descend to ..." (hoogte aanvang eindnadering), "Intercept localiser", ...) en niet aan ander verkeer. Er blijft maar een klein deel van de instructies over met het doel conflicten met ander verkeer te vermijden, zowel op de grond als in de lucht. Dergelijke instructies zullen toenemen als het verkeersvolume toeneemt.

### **3.15.3 Conclusie**

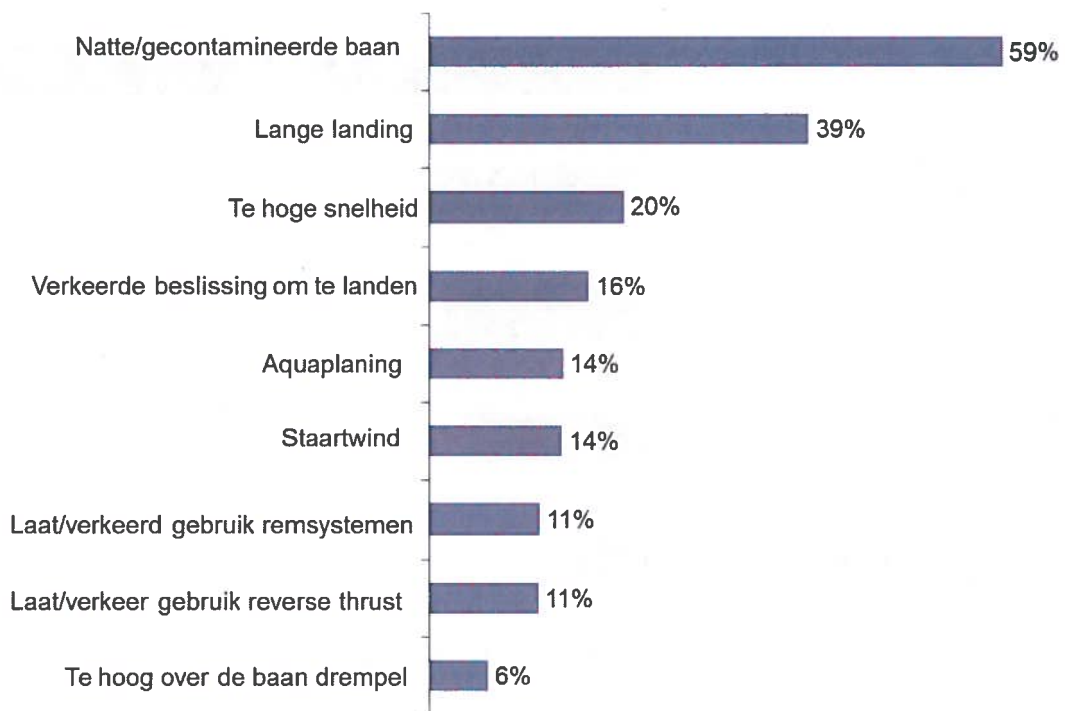
De categorie van navigatiefouten betreft de voorvallen waarin het incorrect navigeren van het vliegtuig, in de lucht of op de grond, een rol speelt. Deze fouten kunnen ongevallen veroorzaken die ook geclassificeerd worden onder een andere categorie, namelijk MAC, RI, CFIT of USOS. De invloed van verkeersgroei op ILS-navigatie vergt nog nadere analyse omdat niet zonder meer bekend is of het effect van verkort indraaien sterker is dan het trombone-effect. Wel kan gesteld worden dat bij meer verkeer het aantal luchtverkeersleidingsinstructies per vlucht zal toenemen, en daarmee de kans op fouten daarin, en daarmee de kans op een ongeval per vlucht waarin een navigatiefout een rol speelt.

## **3.16 Runway Excursion (RE)**

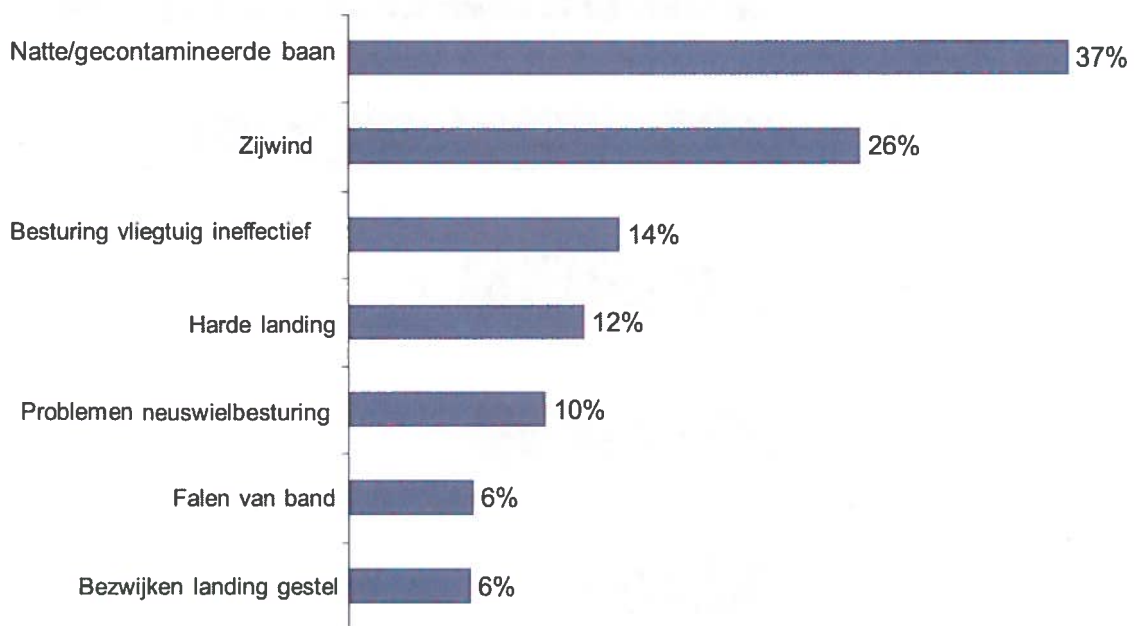
### **3.16.1 Achtergronden**

Een runway excursion is een voorval waarbij het vliegtuig tijdens de start of landing van de baan afschiet. Dit kan zowel aan de zijkant gebeuren (veer-off) of aan het einde van de baan (overrun). Runway excursions behoren tot de meest voorkomende ongevallen in de wereld. Meestal is de schade aan het vliegtuig beperkt in dit soort voorvallen. De mate van schade hangt voornamelijk af van de directe omgeving van de start- of landingsbaan. Wanneer er direct in de buurt van de baan bijvoorbeeld gebouwen of andere objecten staan is de kans aanwezig dat het vliegtuig grote schade oploopt en/of dat er slachtoffers en/of gewonden vallen bij een runway excursion wanneer het vliegtuig hier tegen aan botst. Om dat risico te beheersen zijn er eisen voor obstakelvrijegebieden (runway strip en de runway end safety area) opgesteld door EASA (en ICAO). Schade kan ook ontstaan wanneer het landingsgestel blijft haken in de zachte runway strip waardoor het onderstel afbreekt (de ondergrond in de strip is vaak zacht wanneer het flink geregend heeft).

De meeste runway excursions vinden plaats tijdens de landingsfase (rond de 80%) [Van Es, 2010] waarbij het aandeel overruns en veeroffs ongeveer gelijk verdeeld is. In [Van Es, 2010] worden de belangrijkste oorzaken genoemd voor runway excursions. In Figuur 20 t/m Figuur 23 staan deze oorzaken weergegeven voor de start- en landingsfase en voor overruns en veer-offs. Meestal spelen er meerdere factoren een rol in een runway excursion.

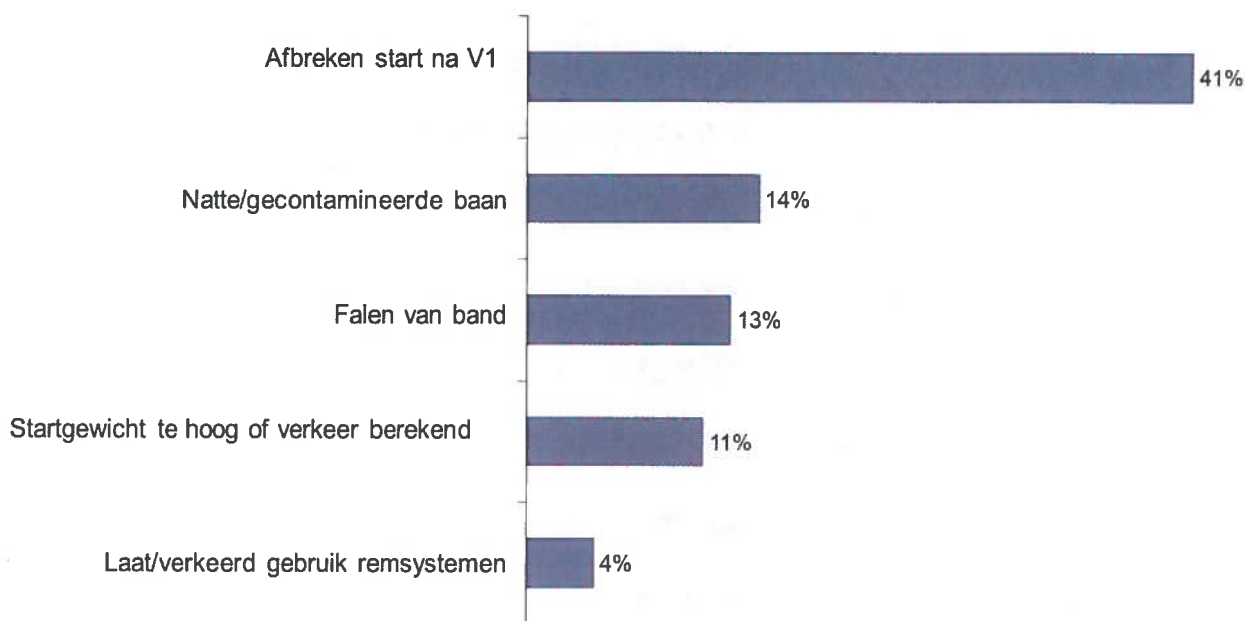


*Figuur 20: Oorzaken voor een overrun tijdens de landing.*

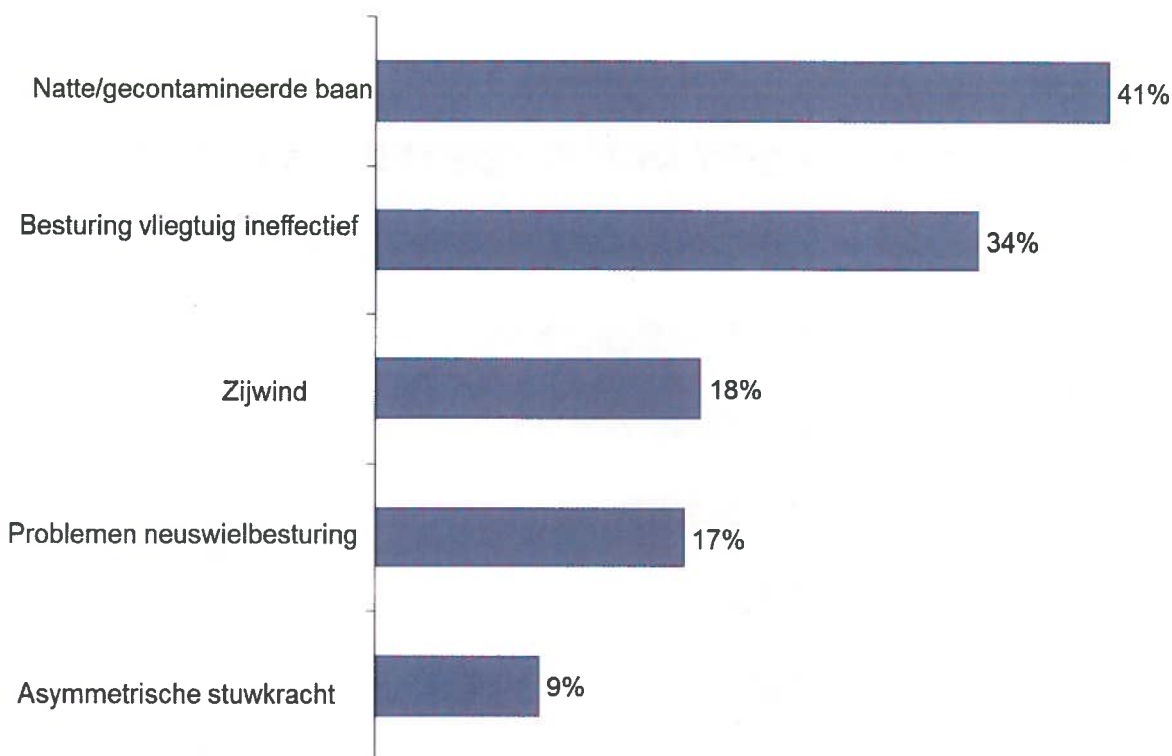


*Figuur 21: Oorzaken veer-off tijdens de landing.*





*Figuur 22: Oorzaken overrun tijdens de start.*



*Figuur 23: oorzaken veer-off tijdens de start.*

De oorzaken voor runway excursions voor de verschillende vluchtfases zijn divers maar laten wel overeenkomsten zien zoals de baanconditie en wind. Bij landing overruns is een natte of gecontamineerde baan de meest voorkomende factor. Een gecontamineerde baan is een baan die bedekt is met bijvoorbeeld sneeuw of ijs of een laag water van 3mm of meer. Bij een natte baan ligt er minder dan 3mm water op de baan en meer dan 0.25mm. De impact van een natte baan op de remprestaties van een vliegtuig worden sterk beïnvloed door het oppervlak van de baan. Zowel de macro- als de microtextuur van het oppervlak heeft een grote invloed op de stroefheid wanneer de

baan nat is<sup>22</sup>. In bijna alle runway excursions waren er problemen met de baantextuur (hetzij de macro- of de microtextuur of beide). Hoe nat een baan wordt hangt af van de macrotextuur, het baanafschot en de neerslagintensiteit. Bij een met sneeuw of ijs bedekte baan heeft de baantextuur geen invloed op de stroefheid.

Een andere belangrijke factor in landing overruns is het te lang landen. De afstand die het vliegtuig aflegt van de baandrempe tot aan het eerst baancontact is in dit soort gevallen veel langer dan wat er door de vliegtuigfabrikant is aangenomen in de landingsdata die door de vliegers worden gebruikt<sup>23</sup>. Wanneer deze afstand veel langer is dan aangenomen heeft het vliegtuig minder baanlengte beschikbaar om af te remmen. Een andere belangrijke factor in landing overruns is het landen met een te hoge snelheid. Voor luchthavens is de factor staartwind in landing overruns interessant. De benodigde afstand om een vliegtuig te laten stoppen neemt toe met toenemende staartwind door de toename van de grondsnelheid. Daarom is er de voorkeur om met tegenwind te landen.

De belangrijkste oorzaak voor een landing veer-off ongevallen is net als bij landing overruns het feit dat de baan nat (vaak met een slechte baantextuur) of gecontamineerd was. Verder heeft zijwind een grote invloed op landing veeroffs. De combinatie van een gladde baan en zijwind vergoot het risico nog verder [Van Es, 2010].

Veruit de meeste runway overrun ongevallen tijdens de start zijn het gevolg van het afbreken van de start bij een hoge snelheid boven de maximale snelheid waarop dit normaal uitgevoerd mag worden (deze snelheid staat bekend als V1). De reden voor het afbreken van een start bij een hoge snelheid is meestal dat er een motor faalt of dat er problemen zijn met het vliegtuig (besturing, vibraties) of de configuratie (flaps setting) [Van Es, 2010a]. De vliegers worden getraind om de start niet meer af te breken na V1<sup>24</sup>. Daarom zijn afgebroken starts boven V1 vrij zeldzaam.

De meeste runway veer-offs tijdens de start vinden plaats bij een lage snelheid en worden meestal veroorzaakt door asymmetrische stuwkracht. Dit zijn vrijwel nooit ongevallen maar incidenten zonder schade aan het vliegtuig. Ongevallen zijn zeldzaam en worden voornamelijk veroorzaakt door gladde baancondities en besturingsproblemen. Zijwind is soms ook een factor.

### 3.16.2 Invloed groei op kans Runway Excursion Schiphol

De vraag is of een toename in het aantal vliegbewegingen op Schiphol de kans op een runway excursion ongeval zou kunnen vergroten. Hiervoor wordt gekeken naar de invloed van de groei op de diverse oorzaken van runway excursions. De meeste oorzaken voor runway excursions hebben geen verband met verkeersvolumes. Een paar oorzakelijke factoren zouden echter wel door verkeersgroei beïnvloed kunnen worden.

De kans op een natte baan conditie of gecontamineerd baan hangt af van een aantal factoren. Ten eerste is de neerslagfrequentie een belangrijke factor en ook de hoeveelheid neerslag die er valt. Dit staat op zich los van de groei van het vliegverkeer. Echter als het verkeer toeneemt, is de verwachting dat er relatief meer operaties op een natte of gecontamineerde baan kunnen plaatsvinden. Gecontamineerde banen komen vrijwel niet voor op Schiphol.

<sup>22</sup> De macrotextuur is de grove textuur van het oppervlak en is visueel zichtbaar. De microtextuur is de fijnkorrelige textuur die zich op de macrotextuur bevindt en is visueel niet goed zichtbaar. De macrotextuur speelt zijn grootste rol bij hoge snelheden en zorgt voor berging van water. De microtextuur doorbreekt de waterfilm rond het aggregaat, waardoor droog contact tussen band en textuurtoppen in het baanoppervlak mogelijk wordt.

<sup>23</sup> Voor elke landing kijken vliegers of de baanlengte voldoende lang is om het vliegtuig te kunnen laten stoppen. Hiervoor wordt er gebruik gemaakt van data die door de vliegtuigfabrikant is aangeleverd.

<sup>24</sup> Alleen in het uitzonderlijke geval dat het vliegtuig niet meer veilig is om te vliegen mag de vlieger de start boven V1 afbreken.

Als er al sneeuw valt dan wordt dit zo snel mogelijk van de baan afgehaald. Bij extreme sneeuwval sluit de luchthaven tot dat de banensneeuwvrij zijn gemaakt (formeel sluit Schiphol niet bij extreem weer, voor noodgevallen blijft de luchthaven beschikbaar). Dit zal niet anders zijn bij een geringe groei van het vliegverkeer. Operaties op natte banen op Schiphol zijn niet heel zeldzaam. Echter door de goede macrottextuur van de banen op Schiphol en het afschot van de banen moet er relatief veel regen vallen wil de baan nat worden. Gemiddelde waterdieptes van meer dan 3mm rond de hoofdwielen zijn al helemaal een uitzondering. Indien de banen op Schiphol nat zijn dan is de stroefheid nog steeds heel hoog door de goede macro- en microtextuur van de banen op Schiphol<sup>25</sup>. De groei zal er voor zorgen dat er meer op natte banen wordt gestart en geland maar door de stroefheidseigenschappen van de toplaag op de banen van Schiphol zal dit geen verhoging van de kans op een runway excursion veroorzaken.

Meer bewegingen betekent ook meer afzet van rubber op de banen door de landende vliegtuigen, vooral in het gebied waar het hoofdlandingsgestel de baan raakt. Deze rubberafzetting kan een grote invloed hebben op de textuur van de baan en dient daarom regelmatig te worden verwijderd. Bij een toename van het aantal landingen zal er vaker onderhoud moeten worden gepleegd aan de baan om dit rubber te verwijderen.

De groei van het verkeer zou ervoor kunnen zorgen dat er vaker onder ongunstige windcondities moet worden gestart of geland. Op Schiphol worden nu windcriteria toegepast voor de baantoewijzing. Door de groei zou het kunnen dat er meer operaties plaatsvinden tegen of boven deze windlimieten. Operationele data van de afgelopen jaren in combinatie met winddata zou moeten worden geanalyseerd om te zien in hoeverre hiervan spraken zou kunnen zijn.

De kans op een lange landing wordt voor een deel bepaald door de keuze van de runway exit [Van Es, 2011]. Ook de druk om niet te lang op de baan te zijn vanwege capaciteit is soms een factor in lange landingen. Er zijn vliegvelden waar soms aan de vlieger gevraagd wordt door de verkeersleiding om wat langer te landen. Bij het toenemende verkeer zou het kunnen zijn dat daarom het relatief aantal lange landingen omhoog gaat. Dit hoeft niet meteen te betekenen dat de kans op een landing overrun omhoog gaat. Dat hangt mede af van de beschikbare en benodigde baanlengte, baanomstandigheden en de aanwezigheid van staartwind. Het is nog niet duidelijk of het relatief aantal lange landingen de afgelopen jaren is toegenomen op Schiphol. Hiervoor is een nadere analyse van FDM-data noodzakelijk van landingen op Schiphol in de afgelopen jaren.

### 3.16.3 Conclusies

De verwachting is dat groei geen invloed zal hebben op de meeste factoren die runway excursion ongevallen veroorzaken. Op dit moment is er nog geen duidelijkheid over de invloed van groei van vliegverkeer op het aantal operaties onder zij- en staartwindcondities en de invloed op het relatieve aantal lange landingen. Daarnaast zal onderzocht moeten worden of de huidige onderhoudsintervallen van de landingsbanen toereikend zijn bij meer intensief gebruik van de banen.

---

<sup>25</sup> De banen op Schiphol zijn uitgerust met een POSSEHL ANTISKID® toplaag. Onderzoek uitgevoerd door het NLR heeft aangetoond dat POSSEHL ANTISKID® zeer hoge stroefheden haalt onder natte omstandigheden, vergelijkbaar of beter dan bijvoorbeeld gegroefde banen.

## 3.17 Runway Incursion – Vehicle, Aircraft Or Person (RI–VAP)

### 3.17.1 Achtergronden

Deze categorie omvat alle gebeurtenissen op een luchthaven met betrekking tot de onjuiste aanwezigheid van een vliegtuig, voertuig of persoon in het beschermde gebied (*protected area*) bedoeld voor landen en vertrekken. Deze categorie is breed gedefinieerd en omvat ook gebeurtenissen waar geen vliegtuig bij betrokken is, of waar er geen gevaar was omdat de baan op dat moment voor een tijdje niet gebruikt werd.

In de sectie over de afbakening van het begrip veiligheid is gesteld dat er in het kader van dit rapport wordt gekeken naar de ongevalskans per vlucht. Die beperking maakt dat het bij RIs alleen gaat om botsingen op de baan tussen een vliegtuig en een voertuig of tussen twee vliegtuigen (in het geval beide verongelukken wordt dit geteld als twee RIs, anders zou de statistiek van de ongevalskans per vlucht niet meer juist zijn). Er zijn verschillende scenario's denkbaar waarin dat gebeurt, waaronder: een voertuig steekt de baan over zonder toestemming terwijl een vliegtuig landt, een vlieger is verdwaald, passeert een stopbar zonder deze op te merken en rijdt over een baan terwijl een vliegtuig vertrekt, een vliegtuig landt op een baan terwijl de voorganger deze nog niet heeft verlaten, et cetera.

Er zijn meerdere beschermingen tegen dergelijke botsingen op Schiphol. Enkele belangrijke elementen daarin zijn:

- Alle banen zijn duidelijk gemarkeerd met borden en lichten;
- Er zijn duidelijke regels voor vliegers en voertuigbestuurders voor het betreden van het beschermde gebied van een baan (bijvoorbeeld: alleen na "*cleared to land*", "*cross runway*" of "*line up runway*" en dergelijke);
- De verkeersleider in de toren (de *runway controller*) zorgt er met klaringen en instructies voor dat er hoogstens één vliegtuig en dan niet één voertuig tegelijkertijd op dezelfde baan is, daarbij gebruikmakend van zicht of, in geval van zogeheten Bijzondere Zicht Omstandigheden, met behulp van strikte procedures (het is wel zo dat op Schiphol ook de TWR ASS klaringen in de Nederlandse taal en op een aparte frequentie aan voertuigen geeft. Gebrek aan coördinatie tussen *runway controller* en TWR ASS heeft in diverse gevallen tot significante RIs geleid);
- Er is een Runway Incursion Alerting System dat automatisch een actuele incursion detecteert en de verkeersleiding alarmeert;
- Vliegers controleren bij vertrek, landing en het kruisen van een baan of de baan vrij is.

Incidenten en ongevallen in deze RI-categorie worden voor een gecontroleerde luchthaven doorgaans gezien vanuit het perspectief van de luchtverkeersleiding omdat daar de taken liggen voor het geven van toestemming en het surveilleren. Alle betrokken partijen houden zich echter bezig met beleid om incursions te voorkomen. Het Runway Safety Team Schiphol is een adviesorgaan binnen het VpS met vertegenwoordigers uit de luchtvaartsector. Het team heeft runway incursions als belangrijkste veiligheidsthema en als doel op basis van actuele runway incursions en/of geconstateerde trends te komen tot verbeter- en beheersmaatregelen.

### 3.17.2 Invloed verkeersgroei op de RI ongevalskans

#### *Geometrisch-kinematisch effect*

In de sectie over de invloed van verkeersgroei op de MAC-ongevalskans is het geometrisch-kinematisch effect uiteen gezet. Dat effect maakt dat de kans op een RI per vlucht recht evenredig toeneemt met de frequentie van de aankomst van de voertuigen of vliegtuigen waarmee het potentieel kan botsen. Deze frequentie is voor een vliegtuig

dat een baan kruist –met opzet of niet, met klaring of niet– het aantal landingen of starts per uur op die baan. Voor een vliegtuig dat start of landt is die frequentie min of meer gelijk aan de dichtheid van het verkeer –vliegtuigen en voertuigen– rondom de baan en die dichtheid wordt doorgaans bepaald door de baancombinatie en het aanbod op dat moment. Voor het geval van de mixed mode-operatie (waarin een baan voor zowel landen en starten wordt gebruikt) is de RI-kans per vlucht recht evenredig met het aantal landingen of starts per uur op die baan.

#### **Andere effecten**

Als de verkeersdichtheid groter wordt, wordt de werklast van de verkeersleider hoger. Zoals ook uiteen gezet in de sectie “*Andere effecten in de praktijk*” onder Mid Air Collisions is het verband tussen werklast en de kans op het maken van fouten niet eenduidig.

Een ander effect van hogere verkeersdichtheid is dat de verkeerspatronen op een veld anders worden: bepaalde baancombinaties kunnen de voorkeur krijgen, de verdeling van vliegtuigen over start- en landingsbanen kan veranderen, er ontstaan mogelijk iets langere rijen bij de holding positions, er is een verhoogde kans dat één vliegtuig bijzondere aandacht verdient door een technisch storing of iets dergelijks, et cetera. Dergelijke veranderingen van de verkeerspatronen maken dat het beeld van het grondverkeer minder stabiel wordt en dit kan weer een negatief effect hebben op zowel de werklast als de kans op conflicten.

#### **Verdeling van verkeersgroei over de tijd**

De kans op een RI per vlucht neemt als gevolg van het geometrisch-kinematische effect toe als de verkeersdichtheid toeneemt. Dit verband is bij benadering lineair, dat wil zeggen: de kans per vlucht voor een specifiek type conflict neemt recht evenredig toe met de verkeersdichtheid van de relevante stroom op dat moment. Daar spelen andere effecten doorheen die de kans op een RI misschien nog wel meer dan lineair doen toenemen. Het is daarmee nog niet te zeggen hoe het effect van zeg 10% meer vluchten per jaar op Schiphol dan doorwerkt, omdat dit dus ook afhangt van de momenten van de dag waarop dat extra verkeer wordt opgevangen. Als de piekcapaciteiten van de banen gelijk blijven, overeenkomstig de aannames zoals geformuleerd in sectie 2.1, zal de maximale kans op een RI-ongeval niet toenemen maar het aantal vliegtuigen dat wordt blootgesteld aan die maximale kans wel.

### **3.17.3 Conclusie**

De kans op een RI-ongeval per beweging neemt toe met de dichtheid van het verkeer op dat moment. Dit komt onder andere door een geometrisch-kinematisch effect: hoe meer verkeer in de buurt, hoe groter de kans dat ander verkeer op de baan is bij onjuiste aanwezigheid van een vliegtuig of een voertuig, hoe groter de kans op een botsing en twee ongevallen. Daarnaast heeft een groei van verkeer nog andere effecten, zoals een verhoogde werklast van de verkeersleider en een verandering van de verkeerspatronen. Deze kunnen leiden tot een verhoogde kans op een RI maar dat verband is nog niet zo duidelijk.

Hoe het effect van zeg 10% meer vluchten per jaar op Schiphol dan doorwerkt op de kans van een RI per vlucht kan pas worden geschat als bekend is op welke momenten van de dag dat extra verkeer wordt opgevangen.



## 3.18 Turbulence encounter (TURB)

### 3.18.1 Achtergronden

Deze categorie betreft de voorvallen waarin een vlucht door turbulentie wordt verstoord. Er kan bij dit type onderscheid gemaakt worden naar de rol die wolken, onweer, gebouwen, windturbines en andere vliegtuigen spelen. In relatie tot verkeersgroei is echter alleen het volgende onderscheid van belang:

- De turbulentie wordt veroorzaakt door een ander vliegtuig: zogturbulentie of wake vortex turbulence;
- De turbulentie wordt niet veroorzaakt door een ander vliegtuig.

Wanneer er separatiediensten worden geleverd, zoals in klasse A en C luchtruim rondom Schiphol, laten verkeersleiders -in het huidige afhandelconcept- de afstanden tussen vliegtuigen niet kleiner worden dan zekere minima. Deze separatieminima vallen uiteen in radarseparatienormen en wake-separatienormen. De radarseparatienorm is voor alle vliegtuigen in het hetzelfde luchtruim gelijk; in de Schiphol TMAs en CTR is dat 3NM. De wake separatiernorm hangt af van de categorieën waarin de leader en de follower vallen. LVNL gebruikt daarbij de volgende ICAO-normen voor de minimale afstand<sup>26</sup>.

Tabel 3: Tabel ICAO wake separatiernormen

Leader \ Follower	Super	Heavy	Medium	Light
Super	-	6 NM	7 NM	8 NM
Heavy	-	4 NM	5 NM	6 NM
Medium	-			5 NM
Light	-	-	-	-

Deze normen gelden voor vliegtuigen die achter elkaar vliegen, zoals bij vertrek op gelijke of gedeeltelijke overlappende SIDs of bij een naderingssequentie. Dit verklaart ook de termen leader en follower; het verkeer is sequentieel en de separatie is als het ware longitudinaal. De normen gelden ook voor kruisend verkeer, of voor bijzondere gevallen wanneer er bijvoorbeeld op parallelle banen gelijktijdig wordt genaderd, omdat er dan ook een risico is van zogturbulentie.

De piekcapaciteit van een luchthaven voor commercieel luchtverkeer is doorgaans beperkt door de piekcapaciteit van de start- en landingsbanen. De piekcapaciteit van een start- of landingsbaan is bij goed zicht vaak begrensd<sup>27</sup> door de noodzakelijke toepassingen van de bovengenoemde separatiernormen, waaronder de wake-separatiernormen. De algemene vraag naar de mogelijkheden van de groei van Schipholverkeer leidt daarmee al snel tot de vraag hoe hard die begrenzing door die wake-separatiernormen is. Het blijkt dat er concepten zijn, als RECAT (herindeling en verfijning van de wake-separatiernormen) en tijdgebaseerde of weersafhankelijke separatie, waardoor de piekcapaciteiten van

<sup>26</sup> Deze afstandsnormen worden gebruikt voor de naderingen. Bij vertrek worden minimale tijdsintervallen gehanteerd. In de hoofdttekst wordt steeds uitgegaan van minimale afstanden, maar de conclusies gelden voor de gevallen waarin minimale tijdsintervallen worden gehanteerd, en daarmee dus voor alle gevallen behalve waarin de vliegers visueel separeren. Dit gebeurt weer echter zo weinig op Schiphol dat dit hier buiten beschouwing gelaten mag worden.

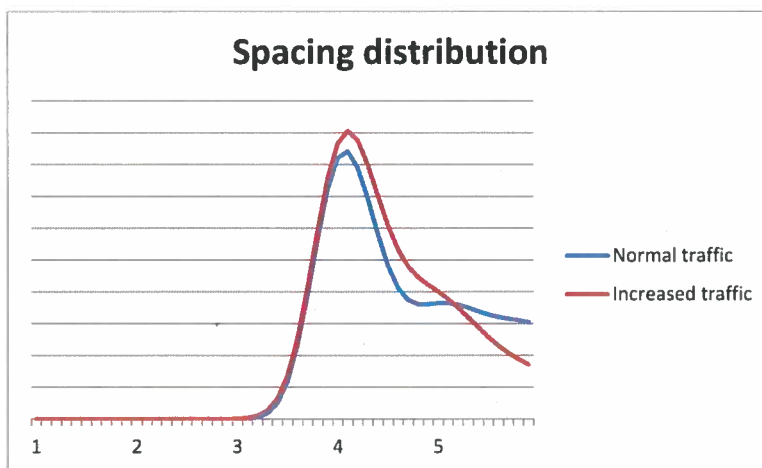
<sup>27</sup> De term "vaak begrensd" is hier wat onzorgvuldig gebruikt: de precieze begrenzing zit soms ook gedeeltelijk in de runway occupancy time en de mogelijkheden om verkeer sequentieel te ordenen (bijvoorbeeld heavies bij elkaar of vertrekken op de zelfde SIDs bij elkaar).

banen kan toenemen zonder significante toename van de risico's per vlucht. In de redeneringen hieronder zijn deze nieuwe concepten niet meegenomen.

### 3.18.2 Invloed verkeersgroei op TURB

Turbulentie die niet veroorzaakt wordt door een ander vliegtuig neemt niet toe als er meer verkeer is; er is geen directe of significante indirecte afhankelijkheid.

Turbulentie veroorzaakt door een ander vliegtuig kan wel toenemen als er meer verkeer is omdat de gemiddelde afstanden tussen vliegtuigen kleiner worden. Als de verkeersvolumes op Schiphol toenemen, zal de verwachtingswaarde voor de gemiddelde longitudinale separatie tussen twee vliegtuigen afnemen: sequentieel verkeer komt dichters op elkaar. Omdat de verkeersleiders dezelfde separatienormen blijven hanteren, zal de verdeling over de relatief kleine afstanden niet significant veranderen, zoals geïllustreerd in de figuur hieronder.



*Figuur 24: Hypothetische verdelingen van de onderling afstanden tussen twee heavy vliegtuigen naderend op de zelfde baan, gemeten op zeg 1NM van de baandrempel, voor het geval van beperkte verkeersvolumes (Normal traffic, in blauw) en voor het geval van toegenomen verkeersvolumes (Increased traffic, in rood). De gemiddelde waarde van de afstand is voor Increased Traffic kleiner dan voor Normal Traffic, vooral omdat de kans op relatief grotere afstand (meer dan de 3NM minimale separatie) beperkt is.*

Zoals ook geïllustreerd in de figuur zal in het bijzonder de massa van de verdeling voor relatief grote afstanden verplaatst worden naar relatief kleinere afstanden, dus meer in de buurt van de separatienorm. Echter, doordat de verkeersleiders hun werk blijven doen zal de verdeling over afstanden kleiner dan de separatienorm niet significant veranderen. De kans op ongevallen door zogturbulentie neemt daarom niet toe omdat dergelijke ongevallen alleen kunnen ontstaan wanneer de onderlinge afstand tussen twee vliegtuigen onder de wake-separatienorm ligt.

Voor niet-sequentieel verkeer geldt deze redenering niet. Zoals boven aangegeven is er ook voor bijvoorbeeld kruisend verkeer een risico op een voorval in de TURB-categorie, en hanteren verkeersleiders in principe dan ook dezelfde wake-separatienormen. De redenering in de vorige paragraaf blijkt echter niet van toepassing. De standaard afhandeling van verkeer rondom Schiphol vraagt geen krappe kruisingen, waarbij de verkeersleider vliegtuigen op gelijke hoogte op korte tijd achter elkaar laat kruisen. De gevallen waarin vliegtuigen wel kort achter elkaar onder een zeker hoek over hetzelfde punt vliegen zijn min of meer uitzonderingen: bijvoorbeeld na een missed approach op een baan die kruist met een actieve vertrekbaan of wanneer een vliegtuig het LOC-sigitaal niet goed aanvliegt tijdens

parallel naderen. In deze gevallen is er niet alleen een kleine kans op een MAC, maar is er ook een kans op een near miss, waarna de zogturbulentie van het ene vliegtuig het andere vliegtuig ernstig en mogelijk catastrofaal hindert. In een eerdere studie over de veiligheid van Schiphol-operaties is aangenomen dat de kans op een fataal ongeval in de categorie TURB 15% is van de kans op een fataal ongeval in de categorie MAC. Zoals gesteld in sectie 3.6 neemt de kans op een ongeval in de categorie MAC toe met de hoeveelheid verkeer en daarmee dus ook de kans op een ongeval in de categorie TURB.

### 3.18.3 Conclusie

Turbulentie veroorzaakt door sequentieel verkeer (dus op min of meer de zelfde hoogte op min of meer hetzelfde pad) neemt toe doordat de afstanden kleiner worden met toenemend verkeer. De kans op ongevallen neemt echter niet toe omdat wake-separatienormen gehandhaafd blijven. Dit geldt niet voor turbulentie door kruisend verkeer: nadat er meerdere veiligheidsbarrières zijn doorbroken kan het gebeuren dat twee vliegtuigen elkaar zo vlak achter elkaar kruisen dat ze elkaar niet raken maar dat er wel een ongeval plaats vindt door turbulentie. In een eerdere studie is aangenomen dat de kans hierop een vaste fractie (15%) is van de kans op een MAC-ongeval.

## 3.19 Undershoot/overshoot (USOS)

### 3.19.1 Achtergronden

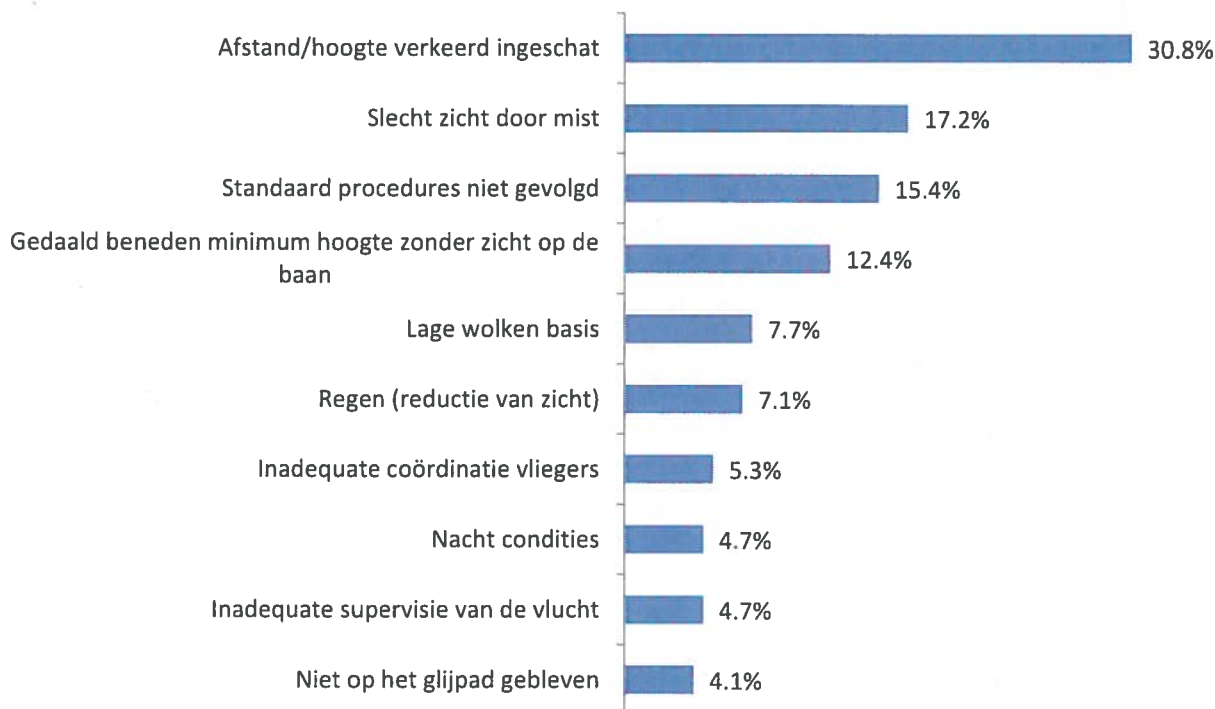
De categorie USOS omvat voorvallen waarbij een vliegtuig vlakbij de baan landt (maar niet op de baan). Veruit de meeste van deze voorvallen zijn landingen vlak voor de baandrempeel (undershoot). USOS-voorvallen komen niet heel vaak voor. Omdat het vliegtuig zich in een landingsconfiguratie bevindt, zijn de snelheden normaal niet heel hoog wanneer een vliegtuig vlak voor de baan landt. Hoewel er wel schade aan het vliegtuig kan optreden zijn er meestal geen doden of gewonden bij USOS-voorvallen. USOS komen veel vaker voor op luchthavens waar de zichtcondities vaak slecht zijn en de wolkenbasis vaak laag is. Ook het ontbreken van een precisienaderingssysteem (ILS) en een Precision Approach Path Indicator PAPI (visueel landingshulpmiddel) bij de baan zijn causale factoren van USOS.

Figuur 25 laat het frequentiediagram zien voor de belangrijkste oorzaken van USOS-voorvallen. De data zijn afkomstig uit de NLR Air Safety Database voor de periode 1995-2016 en hebben betrekking op ongevallen<sup>28</sup> met commerciële vliegtuigen in West-Europa en Noord-Amerika. Veel USOS-voorvallen hebben meerdere oorzaken. De meest voorkomende oorzaak is het verkeerd inschatten van de hoogte waarop het vliegtuig vliegt in combinatie met het verkeerd bepalen van de afstand tot de baan. Dit komt vaak voor in combinatie met slecht zicht door mist, een lage wolkenbasis of een reductie van het zicht door harde regen. Het niet volgen van de standaard procedures door de vliegers speelt een belangrijke rol in USOS-voorvallen. Het niet afbreken van de landing wanneer de baan niet in zicht is op de minimale hoogte kan leiden tot een USOS. Veel van de USOS-voorvallen vonden plaats tijdens niet-precisie naderingen. Een klein deel van de USOS-voorvallen is te wijten aan het te laag vliegen (onder voorgeschreven glijpad).

<sup>28</sup> Volgens definitie van ICAO Annex 13.



Dit zijn per definitie onstabiele naderingen die niet waren opgemerkt of niet werden afgebroken zoals voorgeschreven.



*Figuur 25: Belangrijkste oorzaken voor USOS voorvallen (bron: NLR).*

### 3.19.2 Invloed verkeersgroei op USOS

De vraag is wat de invloed is van verkeersgroei op Schiphol op de kans op een USOS-ongeval. Deze vraag kan worden beantwoord door te kijken naar de invloed van de groei op de belangrijkste oorzaken van een USOS-voorval en de gebruikte mitigerende maatregelen. Data laat zien dat de belangrijkste oorzakelijke factoren liggen bij de beslissingen die de vliegers hebben genomen vaak in combinatie met een aantal aan weer gerelateerde factoren, waarbij het doorzetten van de nadering terwijl de baan niet in zicht is op de voorgeschreven minimale hoogte het meest voorkomt. Voor het baangebruik op Schiphol werken de verkeersleiders van Luchtverkeersleiding Nederland (LVNL) met voorgeschreven internationale regels die onderscheid maken tussen omstandigheden met goed zicht, marginaal zicht en beperkt zicht. Marginaal en beperkt zicht hebben directe consequenties voor de capaciteit. Vanaf marginale condities en minder mag er niet meer gelijktijdig worden geland op twee banen die elkaar in het verlengde kruisen. Bij beperktzichtscondities wordt de separatie tussen landende vliegtuigen verhoogd. Beperktzichtscondities of zeer lage bewolking komt minder dan 5% van de operationele tijd voor op Schiphol [Hove en Wijngaard, 2008]. Bij extreme slechte zichtcondities (dichte mist met zicht minder dan 350 m) kunnen alleen vliegtuigen landen die in staat zijn om een geheel automatische landing uit te voeren (autoland, ILS CAT III-nadering). Deze condities zijn er maar ongeveer 0.3% van de operationele tijd per jaar op Schiphol [Hove en Wijngaard, 2008]. In de USOS-voorvallen zijn geen gevallen bekend tijdens een autoland onder zulke slechte zichtcondities. Bij een verder groei van het verkeer op Schiphol zal het verkeer als geheel wat vaker last kunnen hebben van de capaciteitsbeperkingen wanneer er slechte zichtcondities of zeer lage bewolking op Schiphol zijn. Op de kans op een USOS-voorval per beweging zal dit geen invloed hebben. Hoewel er meer landingen in slechte zichtcondities of lage bewolking zullen worden uitgevoerd zullen

de mitigerende factoren die aanwezig zijn op Schiphol de kans op een USOS niet laten toenemen. Alle banen op Schiphol beschikken over een PAPI en naderingen onder slechte zichtcondities of lage bewolking worden alleen uitgevoerd met behulp van een ILS CAT II- of III-systeem. Deze systemen verminderen de kans op een USOS aanzienlijk. Een klein deel van de USOS is gerelateerd aan onstabiele naderingen. De groei in vliegbewegingen zou de frequentie van onstabiele naderingen kunnen verhogen. Het is nu echter nog onduidelijk of dat zo is en in welke mate.

### **3.19.3 Conclusie**

De belangrijkste factor bij een USOS-ongeval betreft condities met slecht zicht en een gebrek aan hulpmiddelen om onder deze omstandigheden te kunnen landen. Op Schiphol speelt dit nauwelijks een rol, vanwege de goede landingshulpmiddelen. Bij de kans op een USOS speelt de interactie met ander verkeer nauwelijks een rol. Het is nog niet duidelijk wat het effect is van de groei in vliegbewegingen op de kans op een onstabiele nadering. Als deze kans omhoog gaat dan kan dit een effect hebben op de kans op een USOS-ongeval. Een nadere analyse van EGPWS-rates op Schiphol van de afgelopen jaren is daarvoor nodig, inclusief de reacties van de vliegers op EGPWS-waarschuwingen. Er kan misschien een effect van de groei zijn op de USOS-kans.



## 4 Conclusies en vervolg

Een integrale analyse is uitgevoerd naar de mogelijke effecten van de groei van het luchtverkeer op Schiphol op de ongevalskans per beweging. Deze analyse is gestructureerd op basis van de lijst van goed gedefinieerde vliegtuigongevalscategorieën, die door CAST/ICAO Common Taxonomy Team is opgesteld, en die wereldwijd wordt gebruikt voor het classificeren van voorvallen. In totaal bestaat deze lijst uit 36 verschillende ongevalscategorieën.

Op basis van de analyse in dit rapport wordt geconcludeerd dat er 12 ICAO-ongevalscategorieën zijn waarvoor met een redelijke waarschijnlijkheid geldt dat de ongevalskans per beweging wordt beïnvloed door de groei van Schiphol. Daarnaast geldt voor 8 categorieën dat er een mogelijk effect is. Een overzicht van de betreffende categorieën wordt gegeven in Tabel 4.

Deze 20 categorieën zullen in een vervolgstudie in detail worden uitgewerkt om de effecten beter te duiden. In de verdere uitwerking wordt rekening gehouden met overlap tussen categorieën. De mogelijke knelpunten, zoals in het OVV-rapport zijn aangegeven [OVV, 2017], worden allen gedekt binnen de betreffende categorieën en zullen als zodanig in het vervolg worden meegenomen. Er wordt dan ook gekeken of de effecten op de ongevalskans voldoende kunnen worden gemitigeerd.

Er is in de huidige (eerste) fase nog niet gekeken of de groei-effecten significant zijn. Het is dus mogelijk dat categorieën met een groei-effect uiteindelijk niet verder beschouwd worden omdat deze effecten niet significant zijn. Dit kan komen omdat het aandeel van de categorie in de totale ongevalskans niet significant is, of omdat het groei-effect zelf niet significant is.

Tabel 4: relevante ongevalscategorieën

<b>ABNORMAL RUNWAY CONTACT (ARC)</b>	Mogelijk effect
<b>ABRUPT MANEUVER (AMAN)</b>	Effect
<b>AERODROME (ADRM)</b>	Mogelijk effect
<b>AIRPROX/TCAS ALERT/LOSS OF SEPARATION/NEAR MIDAIR COLLISIONS/MIDAIR COLLISIONS (MAC)</b>	Effect
<b>ATM/CNS (ATM)</b>	Effect
<b>BIRD (BIRD)</b>	Mogelijk effect
<b>CONTROLLED FLIGHT INTO OR TOWARD TERRAIN (CFIT)</b>	Mogelijk effect
<b>EVACUATION (EVAC)</b>	Effect
<b>FIRE/SMOKE (POST-IMPACT) (F-POST)</b>	Effect
<b>FUEL RELATED (FUEL)</b>	Mogelijk effect
<b>GROUND COLLISION (GCOL)</b>	Effect
<b>GROUND HANDLING (RAMP)</b>	Effect
<b>LOSS OF CONTROL-GROUND (LOC-G)</b>	Effect
<b>LOSS OF CONTROL-INFLIGHT (LOC-I)</b>	Mogelijk effect
<b>NAVIGATION ERRORS (NAV)</b>	Effect
<b>RUNWAY EXCURSION (RE)</b>	Effect
<b>RUNWAY INCURSION (RI)</b>	Effect
<b>SYSTEM/COMPONENT FAILURE OR MALFUNCTION (POWERPLANT) (SCF-PP)</b>	Mogelijk effect
<b>TURBULENCE ENCOUNTER (TURB)</b>	Effect
<b>UNDERSHOOT/OVERSHOOT (USOS)</b>	Mogelijk effect

Op basis van de initiële analyse in dit Memorandum kunnen een aantal onderwerpen gedefinieerd worden, die nader bestudeerd moeten worden, in overleg met de sector, om de effecten van groei nader te duiden.

Hierbij worden de categorieën gegroepeerd naar de aard van de operatie:

AIRBORNE	
<b>Airprox/TCAS Alert/Loss of Separation/(Near) Midair Collisions (MAC)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toenemende verkeersdichtheid</li> <li>• Verhoogde werkbelasting</li> <li>• Veranderende verkeerspatronen</li> </ul>
<b>Controlled Flight In Terrain (CFIT)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mogelijke toename onstabiele naderingen</li> </ul>
<b>Loss of Control – Inflight (LOC-I)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verkeerssamenstelling (vracht/regional/ICA)</li> <li>• Mogelijke toename onstabiele naderingen</li> <li>• Verkeersafhandeling (verkort indraaien)</li> <li>• Verhoogde werkbelasting</li> </ul>
<b>Fuel related (FUEL)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Holding- en uitwijkcapaciteit</li> </ul>
<b>Turbulence Encounter (TURB)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zogturbulentie kruisend verkeer (vaste fractie van MAC-kans)</li> </ul>
<b>Abrupt Manoeuvre (AMAN) - in air</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zie MAC</li> </ul>
GROUND OPERATIONS	
<b>Ground Collision (GCOL)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toename verkeersdichtheid</li> <li>• Verhoogde werkbelasting</li> <li>• Gebruik van taxibanen</li> </ul>
<b>Ground Handling (RAMP)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Communicatie (GSP, LVNL GC, AAS APC)</li> <li>• Beschikbaarheid gekwalificeerd personeel</li> <li>• Beschikbaarheid van voldoende, geschikt materieel</li> <li>• Opereren op een beperkt oppervlak</li> <li>• Uitbreiding opstelplaatsen</li> </ul>
<b>Loss of Control Ground (LOC-G)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zie RI (aanleiding) en RE (mogelijk gevolg)</li> </ul>
<b>Runway Excursion (RE)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lange landingen om operationele redenen</li> <li>• Operaties in ongunstige windcondities</li> <li>• Onderhoudsinterval (rubberafzetting)</li> </ul>
<b>Runway Incursion (RI-VAP)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toenemende verkeersdichtheid</li> <li>• Veranderende verkeerspatronen</li> <li>• Verhoogde werkbelasting</li> </ul>
<b>Abrupt Manoeuvre (AMAN) - on ground</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zie GCOL</li> </ul>
TAKE-OFF AND LANDING	
<b>Abnormal Runway Contact (ARC)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mogelijke toename onstabiele naderingen</li> <li>• Operaties in ongunstige windcondities</li> </ul>
<b>Undershoot/overshoot (USOS)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mogelijke toename onstabiele naderingen</li> </ul>
DIVERS	
<b>Aerodrome (ADRM)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Foreign object damage (FOD)</li> </ul>
<b>ATM/CNS (ATM)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zie MAC, RI, GCOL</li> </ul>
<b>Birdstrikes (BIRD)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impact moderne vliegtuigen/motoren (stiller/groter)</li> </ul>
<b>Navigation Errors (NAV)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zie MAC, RI, CFIT of USOS</li> </ul>
<b>System/Component Failure or Malfunction (Powerplant) (SCF-PP)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• FOD (zie ADRM)</li> <li>• Vogelaanvaring (BIRD)</li> </ul>

Uit bovenstaande samenvatting volgt dat er binnen de diverse ongevals categorieën, een aantal gemeenschappelijke onderwerpen en onderzoeksvragen zijn die nader onderzocht dienen te worden. Dit leidt tot de volgende geconsolideerde lijst.

- Toenemende verkeersdichtheid
  - Groeiscenario ((piek)capaciteit en verkeerssamenstelling)
- Verkeersleiding
  - Verhoogde werkbelasting
  - Veranderende verkeerspatronen (wat is nog af te handelen binnen het huidige concept)
  - Capaciteit Tower/ACC en groundcontrol (ook in onverwachte situaties/holdingcapaciteit e.d.)
  - Verkeersafhandeling (verkort indraaien, separatienormen)
- Grondafhandeling
  - Gebruik taxibanen
  - Personeel en materieel
  - Afhandelingsruimte en opstelplaatsen
  - Communicatie
- Operationeel
  - Onstabiele naderingen (mogelijk toename door groei)
  - Lange landingen om operationele redenen
  - Operaties in ongunstige windcondities
  - FOD (inspectie-intervallen)
  - Onderhoudsintervallen (rubberafzetting)
  - Impact moderne vliegtuigen/motoren
  - Verhoogde werkbelasting vlieger



## 5 Referenties

- ACI. 2011. Position on Requirements for a performing Ground Handling Market, ACI Europe, October 2011.
- ATCFM Operational Manual. 2017. Network Operations Handbook, Network Manager, Edition 21.0, May 2017
- AIP. 2017. Aeronautical Information Publication Amsterdam/Schiphol (EHAM) , LVNL, May 2017
- ATSB. 2011. Take-off performance calculation and entry errors: A global perspective, ATSB, Aviation Research and Analysis Report, AR-2009-052.
- Belcastro, 2010. Aircraft Loss-of-Control Accident Analysis, NASA
- Boeing. 2015. Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents, Worldwide Operations, 1959-2015, Boeing.
- CANSO. 2017. Avoiding Unstable Approaches - Important Tips for ATCOs, CANSO.
- Carbaugh, D. 2006. Tail Strikes and Strong Gusty Winds—Preventive Measures, Boeing Commercial Airplanes, Flight Operations Symposium.
- Cockshutt, E.P. en Gunn, W.W.H., 1966. Bird Strike Probability: Strike predictions using observed bird density data, National Research Council of Canada Associate Committee on Bird Hazards to Aircraft, Field Note 30 (revised).
- Craig, R. 2004. Tail Strike Briefing, Boeing Commercial Airplanes, Flight Operations Symposium.
- Drees, L. 2017. Risk Analysis of the EASA Minimum Fuel Requirements Considering the ACARE-defined Safety Target;, Manuscript, May 2017
- ECAST, 2010. Aircraft ground handling and human factors - A comparative study of the perceptions by ramp staff and management, NLR-CR-2010-125, A.D. Balk, J.W. Bossenbroek, NLR Amsterdam, april 2010.
- EU Nr. 255. 2010. Verordening van de Commissie Commision tot vaststelling van gemeenschappelijke regels inzake de regeling van luchtverkeersstromen, maart 2010
- FNV. 2015. Duikvlucht – Over de race to the bottom in de afhandeling op Schiphol, FNV, september 2015.
- FSF. 1994. CFIT Checklist, Flight Safety Foundation FSF.
- FSF. 2009. ALAR Briefing Note 7.1, Stabilized Approach, Flight Safety Foundation FSF.
- FSS. 2016. Total Aviation System Risk Picture 2016, A. Balk (NLR), R. Wever (NLR), G. Greene (CAA UK), Future Sky Safety, December 2016
- Hove, R. ten en Wijngaard, J.B. 2008. Improved Low visibility and Ceiling Forecasts at Schiphol Airport, KDC - LVP Project team, Final report, part 1, KNMI publication 222.
- IATA, 2010. STEADES, Foreign Object Damage, IATA, 2010.
- IATA. 2014. Controlled Flight Into Terrain Accident Analysis Report, International Air Transport Association.
- IATA. 2015. Loss of Control In-Flight Accident Analysis Report, IATA.

IATA. 2016. Unstable approaches: Risk Mitigation Policies, Procedures and Best Practices 2nd Edition, International Air Transport Association IATA.

ICAO, 2001. Aircraft Accident and Incident Investigation, Annex 13, International Civil Aviation Organisation.

ICAO, 2013. Aviation Occurrence Categories, Definitions and Usage Notes, ICAO-CAST Common Taxonomy Team, October 2013 (4.6).

Jacobsen, 2010. Aircraft Loss of Control, Causal Factors and Mitigation Challenges, NASA

Kelly, T. C., M. J. A. O'Callaghan, en R. Bolger. 2001. The avoidance behaviour shown by the rook (*Corvus frugilegus*) to commercial aircraft. Pages 291-299 in *Advances in vertebrate pest management II*. Filander Verlag.

Maragakis, I. 2009. Bird population trends and their impact on Aviation safety 1999-2008, EASA Research Report.

Meeking, D.N. 1998. Bird-Aircraft Strike Hazards: An Overview of the Risks, Costs and Management, Transport Canada, TP 13272E.

NLR, 2003. Review of Air Traffic Management-related accidents worldwide: 1980 - 2001, NLR-TP-2003-376, G.W.H van Es, NLR Amsterdam, augustus 2003

NLR, 2007. Safety of ground handling, NLR-CR-2007-961, A.D. Balk, NLR Amsterdam, januari 2008.

NLR, 2008. Risico-inventarisatie Grondafhandeling Schiphol voor de Expertgroep Ground Safety van het VpS, NLR-CR-2008-169, J.W. Smeltink, A.D. Balk, A.L.C. Roelen, NLR Amsterdam, april 2008.

NLR, 2010 Risks and regulations in aircraft ground handling, NLR-CR-2009-334, A.D. Balk, A.L.C. Roelen, NLR Amsterdam, juni 2010.

NLR, 2015. Ontwikkeling van een Common Ground Safety Model - Inzicht in uncontrolled manoeuvres in de Schiphol manoeuvring area, NLR-CR-2015-406, A.D. Balk, B.A. van Doorn, NLR Amsterdam, november 2015.

NLR, 2017. NLR Air Safety Database.

OVV, 2017. Veiligheid vliegverkeer Schiphol, Onderzoeksraad voor Veiligheid

Olson, 2010. Olson, W.A. ; Olszta, J.E. TCAS Operational Performance Assessment in the U.S. National Airspace. Full Text Sign-I Group, MIT Lincoln Lab., Lexington, MA.E. 2010.

Parisis, M. 2007. Avoiding Hard Landings, Airbus, 15th Performance & Operations conference.

Rosenthal, L.J. 2005. Bird strikes, BATTELLE.

Van Es, G.W.H., 2010. A Study of Runway Excursions from a European Perspective, NLR CR-2010-259.

Van Es, G.W.H. 2010a. Rejecting a takeoff after V1...why does it (still) happen?, NLR TP-2010-177.

Van Es, G.W.H. 2011. Landing Long: Why does it happen?, NLR 2011-120.

Sladen-Pilon, J. 2008. Bird Strikes. IATA Safety Trend Evaluation, Analysis and Data Exchange System.

Sodhi, N.S. 2002. Competition in the air: birds versus aircraft, Published By: The American Ornithologists' Union.

Van Baren. G.B. 2014. Verkenning van implicaties van een conceptnorm voor de ATC-operatie Schiphol, NLR-CR-2013-502, maart 2014



Van Es, GWH. 2005. Running out of runway: Analysis of 35 years of landing overrun accidents. NLR-TP-2005-498.

Van de Riet, B. Van den Tempel, C en Visbeen, F. 2015. Ganzen in de 20-km zone rondom Schiphol: Aantalsontwikkeling in relatie tot populatiereducerende maatregelen in 2014, Landschap Noord-Holland  
Rapportnummer: 15-003.

