



Dedicated to innovation in aerospace

safetyinstitute

NLR-CR-2020-408 | augustus 2021

Herziene ongevalkansen burgerluchtvaart

Voor berekeningen externe veiligheidsrisico's van overige burgerluchthavens

OPDRACHTGEVER: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat



Koninklijke NLR – Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum

Herziene ongevalkansen burgerluchtvaart

Voor berekeningen externe veiligheidsrisico's van overige burgerluchthavens

Probleemstelling

Voor de berekening van externe veiligheidsrisico's rondom overige burgerluchthavens worden ongevalkansen toegepast zoals opgenomen in bijlage 2, tabel 3 van de Regeling Burgerluchthavens (Rbl). Overige burgerluchthavens zijn, zoals gedefinieerd in artikel 8.1, lid 2 Rbl, burgerluchthavens van nationale betekenis en burgerluchthavens van regionale betekenis.

Bij het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat bestaat de beleidsbehoefte om die ongevalkansen periodiek te actualiseren op basis van meer recentere gegevens zodat ze het huidige veiligheidsniveau van de luchtvaartoperaties op deze luchthavens goed blijven representeren.

Beschrijving van de werkzaamheden

Er is een studie uitgevoerd om de ongevalkansen voor overige burgerluchthavens met meer recentere gegevens te schatten. Daarvoor zijn relevante ongevallen en vliegtuigbewegingen verzameld en geanalyseerd.

Resultaten en conclusies

De ongevalkansen van overige burgerluchthavens zijn opnieuw geschat met de gegevens – ongevallen en vluchtaantallen – van recentere periodes. De nieuwe geschatte ongevalkansen voor zwaar verkeer zijn zowel voor passagiers- en vrachtluchten gecombineerd als voor zakenjet-vluchten lager dan voorgaande schattingen. Dit wordt grotendeels verklaard door verbeteringen in het vliegveiligheidsniveau in de periode 2005-2019 mede door de invoering van de zwarte lijst met operators door de EU en introductie van veiligheidsmanagementsystemen bij operators. Voor licht verkeer zijn er geen grote veranderingen gevonden ten opzichte van eerdere studies. De ongevalkansen voor licht verkeer zijn nu gebaseerd op basis van een grotere dataset dan in eerdere schattingen en zijn daarom betrouwbaarder.

RAPPORTNUMMER

NLR-CR-2020-408

AUTEUR(S)G.W.H. van Es
Y.S. Cheung**RUBRICERING RAPPORT**

ONGERUBRICEERD

DATUM

augustus 2021

KENNISGEBIED(EN)Luchtvaartveiligheid
Externe Luchtvaart
Veiligheid en
beleidsondersteuning**TREFWOORD(EN)**ongevalkansen
burgerluchtvaart
externe veiligheid
overige burgerluchthavens
regionale luchthavens en
kleine vliegvelden

Toepasbaarheid

De herziene ongevalkansen kunnen worden gebruikt voor de berekening van externe veiligheidsrisico's van overige burgerluchthavens in Nederland – dat zijn de burgerluchthavens van nationale betekenis en de burgerluchthavens van regionale betekenis.



Dedicated to innovation in aerospace

safetyinstitute

NLR-CR-2020-408 | augustus 2021

Herziene ongevalkansen burgerluchtvaart

Voor berekeningen externe veiligheidsrisico's van overige burgerluchthavens

OPDRACHTGEVER: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

AUTEUR(S):

G.W.H. van Es

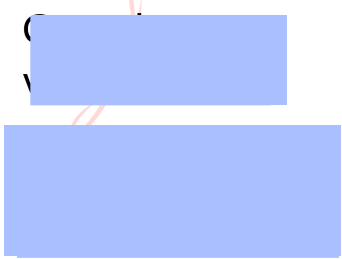


Y.S. Cheung

NLR

NLR

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

OPDRACHTGEVER	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
CONTRACTNUMMER	Kenmerk 31160658 (NLR projectnr. 1150128)
EIGENAAR	Koninklijke NLR
NLR DIVISIE	Aerospace Operations
VERSPREIDING	Beperkt
RUBRICERING TITEL	ONGERUBRICEERD

GOEDGEKEURD DOOR:		
AUTEUR	REVIEWER	BEHERENDE AFDELING
		

Samenvatting

Voor de berekening van externe veiligheidsrisico's rondom overige burgerluchthavens worden ongevalkansen toegepast zoals opgenomen in bijlage 2, tabel 3 van de Regeling Burgerluchthavens (Rbl). Overige burgerluchthavens zijn, zoals gedefinieerd in artikel 8.1, lid 2 Rbl, burgerluchthavens van nationale betekenis en burgerluchthavens van regionale betekenis. De burgerluchthavens van nationale betekenis (art. 8.1 lid 3 Rbl) zijn Rotterdam The Hague Airport, Maastricht Aachen Airport, Groningen Airport Eelde en Lelystad Airport. De burgerluchthavens van regionale betekenis behelzen de vliegvelden als Seppe, Budel, Hoogeveen, Midden-Zeeland, enzovoort. Bij het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat bestaat de beleidsbehoefte om die ongevalkansen periodiek te actualiseren op basis van meer recentere gegevens zodat ze het huidige veiligheidsniveau van de luchtvaartoperaties op deze luchthavens goed blijven representeren.

In het kader van de opdracht "Herziening ongevalkansen burgerluchtvaart" van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat heeft het Koninklijk Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum NLR een onderzoek uitgevoerd om de ongevalkansen van de overige burgerluchthavens met recentere gegevens te actualiseren. Het resultaat van de actualisering is een set geüpdatete ongevalkansen die geschikt zijn voor de toepassing in de berekening van externe veiligheidsrisico's rond de overige burgerluchthavens zoals plaatsgebonden risico's in het kader van het Luchthavenbesluit.

De ongevalkansen voor de overige burgerluchthavens zijn opnieuw geschat met de gegevens – ongevallen en vluchtaantallen – van recentere periodes. Voor het zware vliegverkeer is de periode 2005-2019 gehanteerd. Voor het lichte vliegverkeer is de periode 1999-2019 beschouwd. De gegevens van het zware vliegverkeer zijn samengesteld uit de selectie van 372 vergelijkbare Europese burgerluchthavens gelegen in EASA-lidstaten. De gegevens voor het lichte vliegverkeer zijn gebaseerd op Nederlandse regionale luchthavens en kleine velden.

De nieuwe geschatte ongevalkansen voor zwaar verkeer zijn zowel voor passagiers- en vrachtenvluchten gecombineerd als voor zakenjet-vluchten lager dan voorgaande schattingen. Dit wordt grotendeels verklaard door verbeteringen in het vliegveiligheidsniveau in de periode 2005-2019 mede door de invoering van de zwarte lijst met operators door de EU en de introductie van veiligheidsmanagementsystemen bij operators. Voor licht verkeer zijn er geen grote veranderingen gevonden ten opzichte van eerdere studies. De ongevalkansen voor licht verkeer zijn nu gebaseerd op basis van een grotere dataset dan in eerdere schattingen en zijn daarom betrouwbaarder.

Er wordt voorgesteld om op termijn de herziene ongevalkansen te gaan gebruiken voor de berekening van externe veiligheidsrisico's van overige burgerluchthavens in Nederland. De ongevalkansen zoals opgenomen in bijlage 2, Tabel 3 van de Regeling Burgerluchthavens, kunnen worden vervangen door de geactualiseerde waarden.

Voorts wordt voorgesteld de factor γ (gamma), welk betekent "Weegfactor in de sommatie van het baanafhankelijke en routeafhankelijke deel van de verdeling van de kansdichtheid voor landend licht verkeer", zoals vermeld staat in de bijlage 2 van Regeling burgerluchthavens, paragraaf 3.4.4. (vergelijkingsnummer 38) te gaan vervangen door de herziene waarde.

Inhoudsopgave

Afkortingen	6
1 Inleiding	8
1.1 Achtergrond studie	8
1.2 Uitgangspunten	8
1.3 Contra-expertise	10
1.4 Leeswijzer	12
2 Databronnen	13
2.1 Inleiding	13
2.2 Databronnen voor het zware verkeer	13
2.2.1 Ongevalsegevens	13
2.2.2 Vluchtaantallen	14
2.3 Databronnen voor het lichte verkeer	18
2.3.1 Ongevalsegevens	18
2.3.2 Vluchtaantallen	18
3 Selectiecriteria	20
3.1 Criteria voor het zware verkeer	20
3.1.1 Selectie luchthavens	20
3.1.2 Selectie ongevalsgegevens	22
3.1.3 Selectie vluchtaantallen	23
3.2 Criteria voor het lichte verkeer	23
3.2.1 Selectie luchthavens	23
3.2.2 Selectie ongevalsgegevens	24
3.2.3 Selectie vluchtaantallen	25
4 Datasets	26
4.1 Dataset voor het zware verkeer	26
4.1.1 Passagiers- en vrachtverkeer (Passenger en Cargo)	26
4.1.2 Zakenjet-verkeer (Business Jet)	28
4.2 Dataset voor het lichte verkeer	29
5 Statistische analyses en resultaten	32
5.1 Introductie	32
5.2 EV-ongevalkansen zwaar verkeer	33
5.2.1 Passagiers- en vrachtverkeer	33
5.2.2 Zakenjet-verkeer (Business Jet)	43
5.3 EV-ongevalkansen licht verkeer	46
5.3.1 Trendanalyse voor de periode 2009-2019	46
5.3.2 Geschatte ongevalkansen voor de periode 2009-2019	47
5.3.3 Vergelijking met eerdere schattingen	48
5.3.4 Geschatte ongevalkansen voor de periode 1999-2019	50

5.3.5	Herziene ongevalkansen licht verkeer	52
5.3.6	Invloed elektrisch aangedreven lichte vliegtuigen	53
6	Conclusies en aanbevelingen	55
6.1	Conclusies	55
6.2	Aanbevelingen	57
7	Referenties	58
Appendix A	Overzicht geselecteerde luchthavens zwaar verkeer	59
Appendix B	Ongevallen passagiers- en vrachtverkeer	68
Appendix B.1	Geregeld passagiers- en vracht verkeer	68
Appendix B.2	Niet-geregeld passagiers- en vrachtverkeer	69
Appendix C	Vergelijking bewegingsgegevens CBS en NLR (2009-2019)	70

Afkortingen

ACRONIEM	OMSCHRIJVING
AAIB UK	Air Accidents Investigation Branch (Verenigd Koninkrijk)
AAIU	Air Accident Investigation Unit (Ierland)
ACI	Airport Council International
ADREP	(ICAO) Accident and incident Data REPorting system
AIAS	Autoritatea de Investigații și Analiză pentru Siguranța Aviației Civile - Romania AAIB (Roemenië)
ANSV	Agenzia Nazionale per la Sicurezza del Volo (Italië)
BEA	Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la sécurité de l'aviation civile (Frankrijk)
BFU	Bundestelle für Flugunfalluntersuchung (Duitsland)
CBS	Centraal Bureau voor de Statistiek
Cgo	Cargo / vracht(verkeer)
CIAIAC	Comisión de Investigación de Accidentes e Incidentes de Aviación Civil (Spanje)
EASA	European Union Aviation Safety Agency
ECCAIRS	European Co-ordination Centre for Aviation Incident Reporting Systems
ESIB	Estonian Safety Investigation Bureau (Estland)
EV	Externe Veiligheid
EU	Europese Unie
gen	(Vliegtuig)generatie
GPIAA	Gabinete de Prevenção e Investigação de Acidentes com Aeronaves (Portugal)
IATA	International Air Transport Association
ICAO	International Civil Aviation Organization
ISO	International Organization for Standardization
MLA	Micro Light Aircraft
MTOW	Maximum Take Off Weight (Nederlands: Maximaal startgewicht)
NLR	Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum
Nr.	Nummer
OAG	Official Airline Guide
OVV	Onderzoeksraad voor Veiligheid
Pax	Passagiers(verkeer)
Rbl	Regeling Burgerluchthavens
SHK	Statens Havarikommission – Swedish Accident Investigation Board (Zweden)
SHT	Statens havarikommisjon – Norwegian Safety Investigation Authority (Noorwegen)
SIA	Safety Investigation Authority (Finland)
SISG	Safety Indicator Study Group
SUST	Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle - Swiss Transportation Safety Investigation Board (Zwitserland)

ACRONIEM	OMSCHRIJVING
TAWS	Terrain awareness and warning system
TCAS	Traffic alert and collision avoidance system

Lijst van symbolen

SYMBOOL	OMSCHRIJVING
#	Aantal
γ	Weegfactor

1 Inleiding

1.1 Achtergrond studie

De Onderzoeksraad voor Veiligheid (OVV) heeft in 2017 de veiligheidsrisico's van burgerluchthaven Schiphol doorgelicht. Naar aanleiding van het OVV-onderzoek zijn de ongevalkansen, die als invoer dienen bij de berekening van de plaatsgebonden risicocontouren van 10^{-5} en 10^{-6} (per jaar), voor luchthaven Schiphol geactualiseerd. Het resultaat is vastgelegd in referentie NLR-CR-2019-362 (Ref. 1).

Voor de berekening van externe veiligheidsrisico's rondom overige burgerluchthavens worden ongevalkansen toegepast zoals opgenomen in bijlage 2, tabel 3 van de Regeling Burgerluchthavens (Rbl). Overige burgerluchthavens zijn, zoals gedefinieerd in artikel 8.1, lid 2 Rbl, burgerluchthavens van nationale betekenis en burgerluchthavens van regionale betekenis. De burgerluchthavens van nationale betekenis (art. 8.1 lid 3 Rbl) zijn Rotterdam The Hague Airport, Maastricht Aachen Airport, Groningen Airport Eelde en Lelystad Airport. De burgerluchthavens van regionale betekenis behelzen de vliegvelden als Seppe, Budel, Hoogeveen, Midden-Zeeland, enzovoort.

Bij het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat bestaat de beleidsbehoefte om die ongevalkansen periodiek te actualiseren op basis van meer recentere gegevens zodat ze het huidige veiligheidsniveau van de luchtvaartoperaties op deze luchthavens goed blijven representeren. Dit in navolging van de herziening van de ongevalkansen voor Schiphol (Ref. 1).

In het kader van de opdracht "Herziening ongevalkansen burgerluchtvaart" van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat heeft het Koninklijk Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum NLR een onderzoek uitgevoerd om de ongevalkansen van de overige burgerluchthavens met recentere gegevens te actualiseren. Het resultaat van de actualisering is een set geüpdatete ongevalkansen die geschikt zijn voor de toepassing in de berekening van externe veiligheidsrisico's rond die burgerluchthavens zoals plaatsgebonden risico's in het kader van luchthavenbesluiten.

In het traject van de actualisering van ongevalkansen van de overige burgerluchthavens is het proces bewaakt door een begeleidingscommissie. Verder is de wijze van actualisering die in het NLR-onderzoek is gehanteerd nader beschouwd door contra-experts (zie paragraaf 1.3). Het kwaliteit van het onderzoek en de uitkomsten daarvan worden derhalve geborgd.

1.2 Uitgangspunten

De ongevalkansen voor de burgerluchthavens van nationale betekenis en van regionale betekenis zijn opgenomen in het externe veiligheidsmodel van "regionale luchthavens en kleine vliegvelden" (hierna: het regionale-veldenmodel). In de context van dit onderzoeksrapport zijn "regionale luchthavens" of "regionale (vlieg)velden" vergelijkbaar met de burgerluchthavens van nationale betekenis, en "kleine (vlieg)velden" zijn vergelijkbaar met de burgerluchthavens van regionale betekenis.

Het regionale-veldenmodel onderscheidt twee gewichtscategorieën van vaste-vleugelvliegtuigen. Het verkeer met vaste-vleugelvliegtuigen met een MTOW tot 5,7 ton wordt gerekend tot het "lichte" vliegverkeer. Het verkeer met vaste-vleugelvliegtuigen met een MTOW van 5,7 ton of meer wordt gerekend tot het "zware" vliegverkeer.

Helikopterverkeer blijft in dit onderzoek buiten beschouwing aangezien dit een heel specifiek onderzoek vraagt wat buiten de scope van de opdracht ligt.

Voor het zware verkeer in het regionale-veldenmodel zijn verschillende combinaties van operatietype (passagiersvervoer, vrachtvervoer en verkeer met zakenjets) en vliegtuiggeneratie (eerste, tweede en derde generaties) gebruikt. Het onderscheid in vliegtuiggeneraties geldt alleen voor passagiers- of vrachtvliegtuigtype. Voor iedere combinatie is per ongevaltype een eigen ongevalkans vastgesteld.

Sinds de ontwikkeling van het eerste regionale-veldenmodel (Ref. 3) en de laatste update van ongevalkans (Ref. 2) zijn er veel veranderingen in de (regionale) luchtvaart geweest. Oudere vliegtuiggeneraties (eerste- en tweedegeneratie-vliegtuigen) komen steeds minder voor in Europa alsmede op de Nederlandse burgerluchthavens. Op grote internationale luchthavens is het aandeel verkeer met oudere vliegtuiggeneraties al aanzienlijk kleiner ten opzichte van dat van de nieuwere, derde vliegtuiggeneratie. De verwachting is dat de regionale luchthavens deze trend volgen. Dit komt doordat vliegtuigen van oudere generaties vaak erg duur in gebruik zijn of voorbij hun levensduur zijn. Ook kunnen ze vaak niet voldoen aan de strenge geluidseisen op de burgerluchthavens in Europa. De verschillen tussen passagiers- en vrachtoperaties zijn ook minder geworden. Verder is er bijvoorbeeld door de verdere introductie van een veiligheidsmanagementsysteem meer aandacht voor de veiligheid van de operaties. Ook de introductie van een zwarte lijst met operators door de Europese Commissie heeft geleid tot verbetering van het veiligheidsniveau.

Gezien het bovenstaande zal er onderzocht worden in hoeverre het onderscheid in de combinaties van operatietypes passagiersverkeer en vrachtverkeer met elk drie vliegtuiggeneraties nog mogelijk of nodig zijn. Ook zal er gekeken worden of er een splitsing gemaakt kan worden in een derde en een vierde vliegtuiggeneratie. De eerste generatie omvat de eerste straalverkeersvliegtuigen zoals de Boeing 707 en Douglas DC-8 en propeller aangedreven verkeersvliegtuigen zoals de CV240. In de tweede generatie is een verdergaande integratie van de automatische systemen doorgevoerd. Ook zijn deze vliegtuigen tegen strengere certificatie eisen ontworpen. Voorbeelden zijn de Boeing 737-200adv, B747-200 en Douglas DC-9. Derde-generatie-vliegtuig hebben een Flight Management Systeem (FMS) en beeldbuizen in de cockpit in plaats van elektromechanische instrumenten, bijvoorbeeld de Boeing 737CL, B737NG, ATR42 en Airbus A310. Ook deze vliegtuigen zijn ontworpen op basis van geëvolueerde certificatie eisen hoewel fabrikanten vaak gebruik hebben gemaakt van zogenaamde 'grandfather rights'. Een B737MAX maakt bijvoorbeeld nog steeds gebruik van de certificatiestandaarden uit de jaren zestig toen de allereerste B737-100 is ontwikkeld. Vierde-generatie-vliegtuigen zijn voorzien van digitale 'fly by wire' besturingssystemen met volledige of gedeeltelijke 'Flight Envelope Protection', zoals de Airbus A320 series (incl. NEO), Embraer 175/190 en de Boeing 787, conform de definitie van Airbus¹. In voorgaande studies zijn deze vierde-generatie-vliegtuigen altijd als derde generatie geclassificeerd. Dit komt doordat er toen nog geen duidelijk verschil zichtbaar was in de ongevalkans van deze vliegtuigcategorieën. Met de groei van het aantal fly-by-wire vliegtuigen is dit onderscheid wel zichtbaar geworden in de statistieken. Vanaf 2010 is het aandeel van de vierde-generatie-vliegtuigen in het totaal aantal gevlogen vluchten wereldwijd sterk toegenomen tot meer dan de helft in 2019. Airbus schat nu in dat de kans op een fataal ongeval² met een vierde-generatie-vliegtuig bijna 70% lager is dan met een derde-generatie-vliegtuigtype¹. Dat hoeft overigens niet te betekenen dat de kans op een extern veiligheidsongeval met een vergelijkbaar percentage zal verschillen. Dat zal nader onderzocht worden in deze studie.

¹ A Statistical Analysis of Commercial Aviation Accidents 1958-2019, Airbus, 2020.

² Een ongeval waarbij één of meerdere inzittende van het vliegtuig binnen dertig dagen na het ongeval komen te overlijden als direct gevolg van het ongeval (ICAO Annex 13).

Voor het onderhavig onderzoek worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

1. De wijze van afleiding moet (zo veel mogelijk) aansluiten bij de wijze die gehanteerd is voor de huidige ongevalkansen voor het zwaar en het licht verkeer.
2. Voor het zware verkeer is de aandacht gericht op de zogenaamde derde-generatie-vliegtuigen. Onderzocht wordt of er, op basis van de beschikbare gegevens, of verschillende combinaties van operatietype (passagiers en vrachtvervoer) en vliegtuiggeneratie gemaakt kan worden. Verder wordt gekeken of vierde-generatie-vliegtuigen in de ongevalkansen geïntroduceerd kunnen worden.
3. De ongevalkansen voor het zware verkeer worden afgeleid voor vier type externe veiligheidsongevallen: 'take-off overrun', 'take-off overshoot', 'landing overrun' en 'landing undershoot'. 'Veer-offs' zijn niet nodig in de berekening van externe veiligheidsrisico's voor burgerluchthavens in Nederland. Bij de uitvoering van dit onderzoek worden veer-off ongevallen wel verzameld. Deze ongevallen kunnen samen met de overrun ongevallen inzicht geven in de ontwikkeling van 'runway excursions' die een belangrijk thema zijn bij vliegveiligheid.
4. De ongevalkansen voor het lichte verkeer worden afgeleid voor twee type ongevallen: startongeval en landingsongeval. Bij het verzamelen en analyseren van de ongevalsgegevens worden wel de categorieën 'overrun', 'overshoots', 'undershoots' en 'veer-offs' gehanteerd. Startongevallen behelzen het totaal aantal take-off overruns en take-off overshoots; landingsongevallen houden het totaal aantal landing overruns en landing undershoots in.
5. De ongevalkans wordt bepaald als een ratio tussen het aantal ongevallen en het aantal vluchten. De kans wordt voorts zoals gebruikelijk uitgedrukt in aantal (EV-)ongevallen per miljoen vluchten: aantal ongevallen per miljoen starts per type startongeval en aantal ongevallen bij per miljoen landingen per landingsongevalstype.

De verzameling van nieuwe gegevens (ongevallen en vluchten) wordt gedaan voor de periode 2005-2019. In het onderzoek zal worden gekeken of voor de beschouwde periode voldoende gegevens kunnen worden vergaard. Voor de bepaling van ongevalkansen wordt in eerste instantie gedacht aan een periode van minimaal 15 jaar. Als uit de verzameling en analyse van gegevens blijkt dat de hoeveelheid beschikbare gegevens te beperkt is voor een afleiding van de ongevalkans met voldoende statistische betrouwbaarheid, wordt een andere of langere periode beschouwd.

1.3 Contra-expertise

Het in deze studie gevolgde proces, de gemaakte keuzes, en de analyse van de data zijn onderworpen aan een contra-expertise door het adviesbureau To70 en het consortium Adecs & TAKS met als doel de kwaliteit en nauwkeurigheid van de studie te waarborgen. Daartoe hebben de betrokken bureaus onafhankelijk van elkaar een aantal delen van de studie beoordeeld.

De gevraagde contra-expertise betreft drie onderdelen van het NLR-onderzoek, te weten:

1. de gebruikte selectiecriteria,
2. de classificatie van ongevallen (op basis van een steekproef),
3. de statistische analyses en bepaling van de ongevalkansen.

Deze onderdelen zijn uitgevoerd in drie achtereenvolgende stappen. Het NLR is gevraagd de ondersteuning te leveren aan contra-experts voor de genoemde stappen. Voor iedere stap heeft NLR de relevante informatie voorbereid in vormen van notities en/of gegevensbestanden en deze beschikbaar gesteld aan de contra-experts voor hun

beoordeling. Na ontvangst van de commentaren en vragen van de contra-experts in hun beoordeling werkt NLR de reacties en beantwoording van vragen uit in een notitie.

Een overzicht van de stappen en referenties is gegeven als volgt:

Stap 1: Selectiecriteria

1. NLR-notitie t.b.v. contra-expertise beoordeling "NLR Selectiecriteria data t.b.v. herziening ongevalkansen burgerluchtvaart", d.d. 4 november 2020.
2. ADECS & TAKS, Contra-expertise herziening ongevalkansen regionale luchthavens, Beoordeling selectiecriteria, i&w201105not/rH/kd, 24 november 2020.
3. To70, Reflectie op NLR Selectiecriteria t.b.v herziening ongevalkansen regionale burgerluchthavens, kenmerk 20.171.34, 26 november 2020.
4. NLR-notitie NLR-EV-2020-001, Geconsolideerde reactie op de notities van contra-experts in het kader van Min.I&W-opdracht "Herziening ongevalkansen burgerluchthavens", 14 december 2020.

Stap 2: Selectie ongevallen/voorvallen

1. NLR-datasets in Excel-bestandsformaat:
 - a. Lijst_EV_ongevallen_licht_verkeer_selectie_voor_contra_expertise_20201117.xlsx;
 - b. Lijst_EV_ongevallen_zwaar_verkeer_selectie_voor_contra_expertise_20201117.xlsx.
2. ADECS & TAKS, Contra-expertise herziening ongevalkansen regionale luchthavens, Beoordeling selectie voorvallen, i&w201209not/rH/kd, 21 december 2020.
3. To70, Reflectie selectie ongevallen t.b.v herziening ongevalkansen regionale burgerluchthavens, kenmerk 20.171.34, 18 december 2020.
4. NLR-notitie NLR-EV-2020-002, Geconsolideerde NLR reactie op de beoordeling/reflectie selectie ongevallen van contra-experts (Herziene versie), 18 februari 2021.

Stap 3: Statistische analyses en bepaling van ongevalkansen

1. De NLR statistische analyses en bepaling van ongevalkansen zijn vastgelegd in hoofdstuk 5 van het rapport NLR-CR-2020-408 Concept V1, februari 2021. Dat hoofdstuk is beschikbaar gesteld aan de contra-experts voor hun beoordeling. Als referentie wordt dat hoofdstuk aangemerkt als notitie NLR-EV-2020-003. Verder is ook het hoofdstuk 4 van het bovengenoemd rapport bijgeleverd voor ondersteuning in de contra-expertise beoordeling. Dat hoofdstuk bevat de relevante gegevens in termen van het aantal EV-ongevallen en vliegtuigbewegingen per type verkeer (zwaar passagiers en vrachtverkeer, zakenjetverkeer en licht verkeer).
2. ADECS & TAKS, Contra-expertise herziening ongevalkansen regionale luchthavens, beoordeling statistische analyse en bepaling ongevalkansen, i&w210304not/rH/kd, 18 maart 2021.
3. To70, Reflectie analyse en rapportage t.b.v. herziening ongevalkansen regionale burgerluchthavens, 20.171.34, 23 maart 2021.
4. NLR-notitie NLR-EV-2020-004, Geconsolideerde NLR reactie op de beoordeling/reflectie statistische analyse door contra-experts (Herziene versie), 07 mei 2021.

In dit eindrapport wordt bij diverse onderdelen ingegaan op de wijze waarop om is gegaan met de belangrijkste opmerkingen of suggesties van de contra-experts.

1.4 Leeswijzer

Dit rapport is als volgt georganiseerd. Na de inleiding (hoofdstuk 1) behandelt hoofdstuk 2 de gebruikte databronnen voor het verzamelen van ongeval- en vluchtgegevens. De gehanteerde selectiecriteria voor de data zijn beschreven in hoofdstuk 3. Hoofdstuk 4 presenteert de verkregen datasets van ongevallen en vluchtaantallen. Deze informatie wordt toegepast in de afleiding van de ongevalkansen in hoofdstuk 5, dat is gewijd aan de statistische analyses en de resultaten van de bepaling van ongevalkansen, inclusief een beknopte bespreking. Als afsluiting van het rapport geeft hoofdstuk 6 de conclusies en enkele aanbevelingen ten aanzien van de resultaten.

2 Databronnen

2.1 Inleiding

In het regionale-veldenmodel wordt het vliegverkeer voor het zware en het lichte verkeer apart beschouwd. Het zware en het lichte vliegverkeer verschillen in de operatie en in veiligheidsniveau door andere vliegtuigcertificatie-eisen en opleiding van de vliegers. Dit hoofdstuk beschrijft de databronnen die gebruikt worden voor het schatten van ongevalkansen voor het zware en het lichte vliegverkeer voor gebruik in het regionale-veldenmodel.

2.2 Databronnen voor het zware verkeer

2.2.1 Ongevalsegevens

De ongevalsgegevens voor het zware vliegverkeer zijn verzameld uit meerdere databronnen die beschikbaar zijn bij het NLR. Als basis worden de gegevens uit ICAO ADREP en ASCEND (van Cirium, voorheen Airclaims) gebruikt. Deze twee bronnen bevatten nauwkeurige gegevens van ongevallen en incidenten wereldwijd³. De data zijn afkomstig van ongevalsonderzoekbureaus, verzekeringsclaims, vliegtuigfabrikanten en regelgevers (waaronder EASA en FAA) die aan deze systemen rapporteren. Voor een eindcontrole of bij twijfel kan extra informatie uit officiële onderzoeksrapporten geraadpleegd worden van diverse nationale ongevalsonderzoekbureaus en veiligheidsagentschappen⁴. Ook kan er gebruik gemaakt worden van informatie die op publieke websites staat vermeld. Dit kan bijvoorbeeld aanvullende informatie opleveren voor incidenten waarbij er geen enkele schade was en die daarom verder niet (uitgebreid) zijn onderzocht door een officiële instantie.

Voor de huidige studie is het belangrijk om te weten of een commerciële vlucht volgens een vast schema is uitgevoerd omdat er vluchtdata van geregelde commerciële vluchten gebruikt gaat worden om de ongevalkans te schatten (zoals nader toegelicht in o.a. sectie 2.2.2). Vaak staat dit vermeld in de beschikbare databases of in de rapporten (bijvoorbeeld als 'commercial scheduled flight'). Wanneer dit niet bekend is of er zijn twijfels over de juistheid van de classificatie kan er gekeken worden of de betreffende vlucht opgenomen is in de 'Time Table' data die het NLR tot haar beschikking heeft. Hierbij dient te worden opgemerkt dat het voor ongevalsonderzoekbureaus niet heel erg van belang is of een commerciële vlucht wel of niet volgens een vast schema is uitgevoerd. Het heeft geen invloed op de eisen waaraan het vliegtuig, de vliegers of de vluchttuitvoering moeten voldoen. Daarom wordt dit niet altijd vermeld in een onderzoeksrapport van een ongeval of wordt er soms een verkeerde classificatie opgegeven. Voor ICAO is dit wel van belang. Vandaar dat er in ICAO ADREP extra aandacht is voor de classificatie van een geregelde of niet-geregelde commerciële vlucht van een ongeval of incident. Het komt soms voor dat een operator zijn geregelde vlucht door een andere maatschappij laat uitvoeren. Voor deze andere luchtvaartmaatschappij is dit dan feitelijk een niet-geregelde vlucht. Ze doen dit immers op een ad-hoc basis of gedurende een korte periode. Als zo'n vlucht betrokken is

³ De definitie voor een externe veiligheidsongeval luidt: "Ieder onbedoeld contact met de grond van een vliegtuig buiten de start- en landingsbaan". Onder deze definitie kunnen zowel ongevallen (met schade en, of slachtoffers) vallen alsmede incidenten waarbij er geen enkele schade of slachtoffers zijn. Het gaat om elk contact met de grond, begroeiing of bebouwing van een vliegtuig buiten de start- of landingsbaan. In die zin volgt externe veiligheid niet de standaard definitie van ICAO Annex 13 voor een vliegtuig ongeval of incident.

⁴ De geraadpleegde referenties of onderzoeksrapporten zijn ontleend aan o.a. AAIB UK, AAIU, AIAS, ANSV, BEA, BFU, CIAIAC, ESB, GPIAA, SHK, SHT en SUST.

geweest bij een ongeval kan het zijn dat het ongevalsonderzoekbureau deze classificeert als niet-geregelde vlucht. Echter de vlucht zelf is wel opgenomen in een Time Table database maar onder een andere operator naam (vaak wel met hetzelfde vliegtuigtype), namelijk diegene waarvoor deze maatschappij tijdelijk vliegt. Voor de huidige studie is dit dan een geregelde vlucht. Op deze zelfde wijze wordt het vluchtype van een ongeval in bijvoorbeeld de ICAO ADREP en ASCEND databases geclassificeerd.

2.2.2 Vluchtaantallen

2.2.2.1 Commercieel passagiers- en vrachtverkeer

Er zijn verschillende bronnen voor vliegtuigbewegingen op regionale vliegvelden in Europa. NLR heeft in de afgelopen 25 jaar met veel verschillende databronnen gewerkt. Het aantal vliegtuigbewegingen uitgevoerd door zwaar verkeer op regionale velden is in eerdere uitgevoerde externe veiligheidsstudies bepaald met behulp van data van het route charges systeem van Eurocontrol. NLR had ooit de beschikking over de ruwe Eurocontrol route charges data wat het mogelijk maakte om per burgerluchthaven en vliegtuigtype selecties te maken. Als gevolg van verandering van het beleid bij Eurocontrol wordt deze detail data al enige tijd niet meer beschikbaar gesteld (o.a. niet meer voor de periode 2005-2019). Er zijn nu alleen op een geaggregeerd niveau per burgerluchthaven en jaartal data beschikbaar. Dit maakt het gebruik van deze data voor het schatten van ongevalkans een stuk lastiger. Bovendien is het niet mogelijk te differentiëren naar vliegtuiggeneraties en passagiers/vrachtvluchten. Dit wordt wel als wenselijk geacht voor de huidige studie. De Eurocontrol data zijn daarom niet geschikt voor de huidige studie. Niet gepubliceerde analyses uitgevoerd door NLR voor EASA hebben aangetoond dat gegevens over vliegtuigbewegingen verzameld door Eurostat en andere bureaus voor de statistiek van individuele landen vaak te weinig detail bevatten en vaak niet accuraat of eenduidig zijn. Hetzelfde probleem geldt deels ook voor de vliegtuigbewegingen die gepubliceerd worden door Airport Council International (ACI). Luchthavens kunnen ook rechtstreeks benaderd worden voor data over hun vliegtuigbewegingen. Aangezien het aantal relevante regionale luchthavens in Europa groot is, zal dit een zeer arbeidsintensieve aanpak zijn die veel tijd kost. Bovendien is de ervaring van NLR dat veel kleinere burgerluchthaven vaak toch niet beschikken over veel detail informatie, zeker niet voor vliegtuigbewegingen van meer dan 10 tot 15 jaar geleden. Recentelijk worden ook veel vluchten vastgelegd met behulp van een 'Automatic Dependent Surveillance-Broadcast' ADS-B receiver netwerk. De verplichting voor nieuwe zware vliegtuigen in Europa voor het uitzenden van ADS-B data geldt pas sinds 2016 en voor oudere vliegtuigen vanaf 2020. De vliegtuigbewegingen vastgelegd m.b.v. ADS-B zijn daarom vaak niet compleet, zeker wanneer er vóór de periode van 2016 wordt gekeken. Tenslotte wordt al het geregeld (scheduled) vliegverkeer vastgelegd in zgn. 'Time Tables'. Veruit de meeste commerciële vluchten zijn volgens een vastgelegd schema uitgevoerd wat wordt bijgehouden door Official Airline Guide (OAG). Details over vliegtuigtype, vertrek en aankomst, operator, en vluchtype (passagiers/vracht) worden vastgelegd door OAG.

NLR beschikt over wereldwijde 'Time Table' vliegtuigbewegingsdata van OAG voor de voorgestelde studieperiode van 2005-2019. NLR heeft in het verleden veel gebruik gemaakt van deze data voor het uitvoeren van vliegveiligheidsstudies waaronder externe veiligheid. Een nadeel van deze data is dat niet-geregelde commerciële vluchten ontbreken, aangezien deze per definitie geen onderdeel uitmaken van de Time Table database. Uit een analyse van het NLR is gebleken dat gemiddeld 83% van het commerciële vliegverkeer op regionale luchthavens in

Europa als geregelde vlucht wordt uitgevoerd⁵. Een vergelijkbaar aandeel geldt voor de meeste regionale luchthavens in Nederland (zie kader verderop). De eisen die gesteld worden aan de vliegoperatie verschillen niet voor geregelde en niet-geregelde commerciële vluchten. Vroeger werden niet-geregelde commerciële vluchten (en met name niet-geregelde vrachtluchten) gekoppeld met een hogere mate van onveiligheid in de vluchtuitvoering en minder grondig onderhoud aan de vliegtuigen. Dit betrof voornamelijk operators uit landen met een lage veiligheidscultuur en matig toezicht door de lokale overheid. Met de invoering van de EU 'Black list' in 2005, vliegen dit soort operators niet meer op EU luchthavens. Daarom zou dan kunnen worden aangenomen dat de ongevalkansen geschat aan de hand van data voor geregelde commerciële vluchten ook gelden voor niet-geregelde commerciële vluchten. Er wordt daarom als uitgangspunt aangenomen om alleen naar het geregeld vliegverkeer ('scheduled flights') te kijken op regionale luchthavens voor het bepalen van de ongevalkansen van het zware verkeer. De kansen geschat voor het geregelde vliegverkeer zouden dan ook voor het niet-geregelde verkeer kunnen worden gebruikt. In de analyse zal deze aanname nog wel verder moeten worden bevestigd met behulp van de verzamelde data.

Het aandeel geregeld verkeer is geschat op 83% van het totaal vliegverkeer op Europese regionale luchthavens. Op Nederlandse regionale luchthavens schommelt dit aandeel ruwweg tussen 23 en 98% afhankelijk van de luchthaven en jaartal, met een totaal gemiddelde van 85% voor de periode 2005-2019. De luchthavens Eindhoven, Rotterdam en Maastricht hebben een vrij constant aandeel geregelde vluchten (gemiddeld 87%). Groningen Airport Eelde laat een sterk variërend aandeel zien met ook veel lage verkeersvolumes dan de andere drie luchthavens.

Het aantal geregelde vliegtuigbewegingen dat bepaald wordt aan de hand van de OAG Time Table data is vrij nauwkeurig. Het gemiddelde verschil tussen de vliegtuigbewegingen bepaald met de Time Table data die het NLR heeft en luchthaven publicaties is $\pm 4,0\%$ (grote en regionale velden wereldwijd). Voor alle Nederlandse regionale luchthavens is dit verschil circa $+1,1\%$ ⁶ voor de periode 2005-2019. Dit soort verschillen hebben maar een zeer kleine invloed op de nauwkeurigheid van de geschatte ongevalkansen en zijn daarom acceptabel. Verschillen kunnen veroorzaakt worden doordat er op grote schaal vluchten zijn gecancelled door bijvoorbeeld extreme weersomstandigheden, door onnauwkeurige registratie van de vluchtdata door de luchthaven, door stakingen, en door het niet goed doorgeven van veranderingen in de vluchtschema's aan OAG door de luchtvaartmaatschappij. Uit kostenoverwegingen maakt het NLR gebruik van kwartaalschema's in plaats van wekelijkse of dagelijkse OAG data⁷. Hoewel het ongebruikelijk is om al te grote wijzigingen te maken in de reguliere vluchtschema's gedurende de seizoenen, kan het zijn dat luchtvaartmaatschappijen routes schrappen, nieuwe introduceren of de frequentie aanpassen binnen een kwartaal. Deze veranderingen zijn dan niet zichtbaar in de door het NLR gebruikte kwartaal data van OAG wat ook dus kan leiden tot verschillen.

Figuur 2-1 geeft een voorbeeld van het aantal jaarlijkse geregelde vliegtuigbewegingen op Rotterdam The Hague Airport volgens de Time Table data en de luchthaven zelf (CBS Statline). Het verschil voor de gehele periode 2005-2019 is $+4,8\%$ (meer bewegingen volgens de Time Table data). Figuur 2-2 laat een vergelijking van het aantal vluchten zien tussen de Time Table data en het werkelijk aantal gevlogen vluchten door de luchtvaartmaatschappij Easyjet⁸. Deze maatschappij vliegt uitsluitend volgens vaste schema's. Het verschil tussen de Time Table data en het werkelijk aantal gevlogen vluchten is $+0,4\%$ voor de gehele periode 2005-2019.

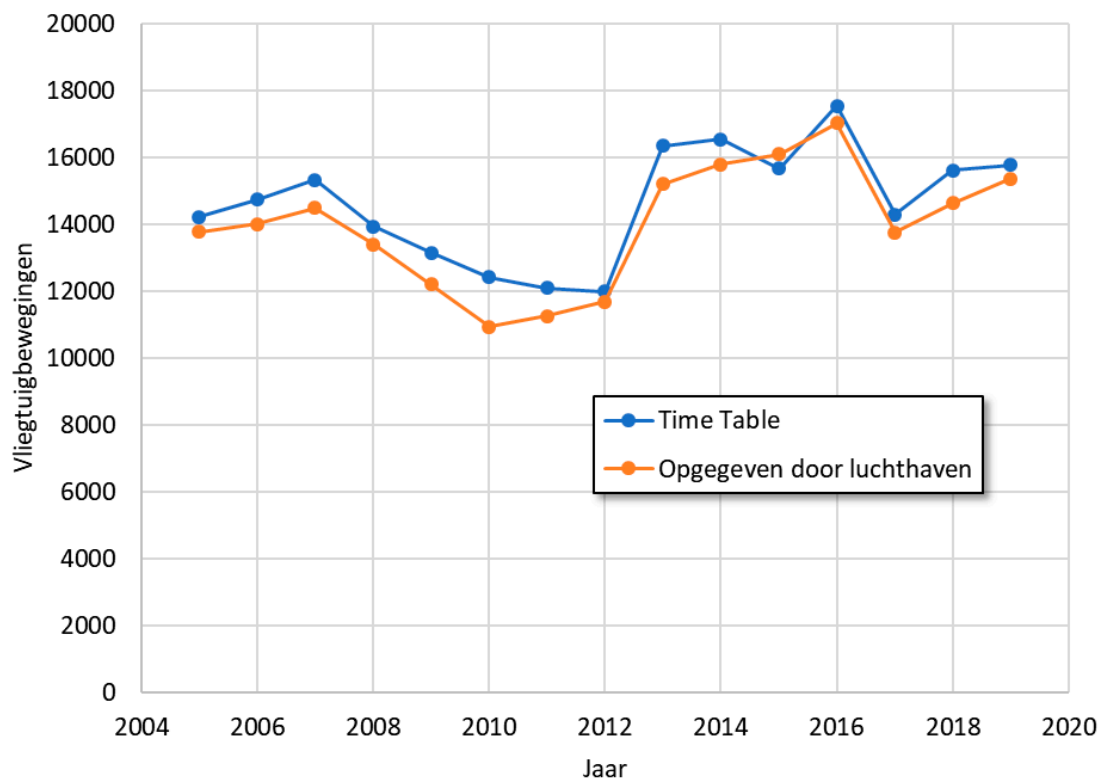
⁵ Van 229 burgerluchthavens zijn het totaal aantal gepubliceerde commerciële vliegtuigbewegingen vergeleken met het aantal geregelde vluchten volgens de Time Table voor een aantal beschikbare jaren in de periode 2000-2019. Op de wat kleinere luchthavens is dit aandeel vaak grillig in het verloop over de jaren. Met de komst van low-cost operators worden er relatief meer geregelde vluchten uitgevoerd op regionale velden dan voorheen. Feitelijk hebben low-cost operators een deel van de klassieke niet-geregelde vluchten vervangen door geregelde vluchten. Het gemiddelde van 83% is deels beïnvloed door de low-cost operators.

⁶ Positief betekent in dit geval een overschatting van het gepubliceerde aantal vluchten.

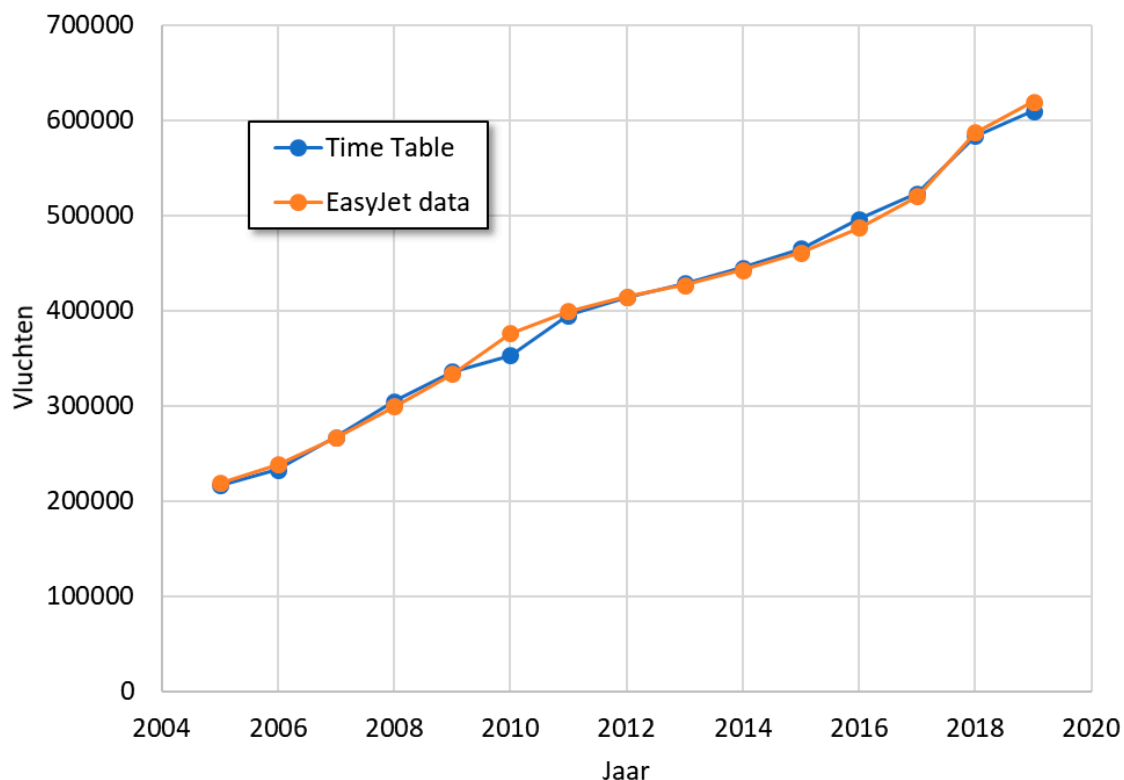
⁷ 1 week OAG data in een kwartaal wordt gebruikt als basis voor alle vluchten in het gehele kwartaal. Er wordt aangenomen dat gedurende het gehele kwartaal volgens dit wekelijkse schema gevlogen wordt.

⁸ De term vliegtuigbeweging wordt gebruikt door luchthavens. Het totaal aantal vliegtuigbewegingen in een jaar is de som van alle starts en landingen in dat jaar op de luchthaven. Vanuit het oogpunt van de vliegtuigoperators wordt er gesproken over cycles of vluchten en niet over vliegtuigbewegingen. Eén vlucht of cycle is een start of een landing.

De bovenstaande discussie in acht nemend, zal voor het schatten van de ongevalkansen voor externe veiligheid van het zware commerciële vliegverkeer op regionale velden gebruik worden gemaakt van vliegtuigbewegingsdata die beschikbaar is in de OAG Time Table. Per definitie kan voor het bepalen van het aantal zakelijke vluchten op luchthavens er geen gebruik worden gemaakt van de Time Table data. Zakelijke vluchten zijn namelijk altijd niet-geregeld.



Figuur 2-1: Vergelijking Time Table data en gepubliceerde aantal geregelde vliegtuigbewegingen voor Rotterdam The Hague Airport



Figuur 2-2: Vergelijking Time Table data en gepubliceerde aantal vluchten voor EasyJet

2.2.2.2 Zakenjet-verkeer

Het aantal zakelijke vliegtuigbewegingen uitgevoerd door zakenjets op regionale velden is in eerdere uitgevoerde externe-veiligheid studies bepaald met behulp van data van Eurocontrol op basis van het 'route charges' systeem. NLR had in het verleden de beschikking over de ruwe data wat het mogelijk maakte om per luchthaven en vliegtuigtype selecties te maken. Als gevolg van verandering van het beleid bij Eurocontrol wordt deze detail data al enige tijd niet meer beschikbaar gesteld (niet voor de periode 2005-2019). Er is nu alleen op een geaggregeerd niveau per luchthaven en jaartal data beschikbaar. Deze data kunnen worden gebruikt om het aantal zakelijke vliegtuigbewegingen met zakenjets op de geselecteerde regionale luchthavens te bepalen. De nauwkeurigheid van de data is groot aangezien deze worden gebruikt voor het 'route charges' systeem binnen het Eurocontrol gebied. Dat systeem vereist een zeer kleine foute marge.

Een nadeel van het gebruik van de Eurocontrol vluchtdata is dat het niet mogelijk is om te differentiëren naar vliegtuiggeneratie. Er zijn aanwijzingen dat moderne zakenjet-vliegtuigen een beter veiligheidsniveau halen dan oudere generaties. Dit is echter lastiger statistisch te duiden dan voor zware passagiers- en vrachtvliegtuigen, doordat er in verhouding veel minder gevlogen wordt met zakenjet-vliegtuigen. Nieuwe zakenjet-vliegtuigmodellen die na 2006 zijn gecertificeerd hebben steeds meer 'fly-by-wire' besturingssystemen geïnstalleerd. Ook worden ze standaard uitgevoerd met 'Enhanced Vision' systemen en soms 'Head-up Displays'. De meeste zakenjets die nu in Europa opereren zijn vaak van deze nieuwe generatie. Vooralsnog zal in deze studie niet gekeken worden naar een opdeling in generaties van het zakenjet-verkeer door een gebrek aan detail informatie in de beschikbare vluchtdata. Andere databronnen zoals die besproken zijn voor commercieel zwaar verkeer zijn niet geschikt om het aantal vliegtuigbewegingen van zakenjets op regionale vliegvelden verder te detailleren.

2.3 Databronnen voor het lichte verkeer

Voor de actualisering van ongevalkansen voor het lichte verkeer wordt de systematiek gevolgd zoals gehanteerd bij de eerste modellering van ongevalkansen in 1995 (Ref. 3) en de daaropvolgende update in 2012 (Ref. 4). Dit betekent dat bij de actualisering van de ongevalkansen voor het lichte verkeer uitsluitend de gegevens van Nederlandse luchthavens worden beschouwd. In de volgende paragrafen wordt een beschrijving gegeven van deze gegevens en van de luchthavens die meegenomen zijn in de analyse.

2.3.1 Ongevalsegevens

De data over voorvallen met lichte vliegtuigen zijn in eerste instantie opgevraagd bij het Analysebureau Luchtvaartvoorvallen (ABL). Het ABL heeft een grote verzameling van gemelde ongevallen en incidenten van luchtvaartuigen in Nederland. De ABL data zijn niet openbaar. Op aanvraag is een verzameling data beschikbaar gesteld aan het NLR ten behoeve van dit onderzoek. De totale dataset behelst circa 9.000 ongevallen, incidenten en meldingen met vliegtuigen lichter dan 5.700 kg. Veruit de meeste gevallen in deze dataset zijn niet relevant voor externe veiligheid. Er is bewust om een ruime selectie vanuit ABL gevraagd zodat de kans kleiner is dat relevante ongevallen wellicht gemist zouden kunnen worden.

Aanvullende informatie over ongevallen met licht verkeer is verkregen via de Onderzoeksraad voor Veiligheid (OVV). De informatie van de OVV is grotendeels openbaar en beschikbaar op het internet (www.onderzoeksraad.nl). Er is in een enkel geval ook direct contact met de raad geweest voor nadere informatie. Ter aanvulling of verificatie kunnen er ook internet bronnen worden geraadpleegd (bijvoorbeeld foto's en video's en lokale verslaggeving van gebeurtenissen op een luchthaven). Met name meldingen aan ABL zijn soms erg summier beschreven, waardoor het soms lastig kan zijn om vast te stellen of een voorval wel of niet zou voldoen aan de selectiecriteria voor externe veiligheid.

2.3.2 Vluchtaantallen

De gegevens voor de vliegtuigbewegingen van het lichte verkeer zijn afkomstig van verschillende bronnen. Het merendeel van de gegevens zijn op verzoek van NLR specifiek voor dit onderzoek aangeleverd door de luchthavens. Het overige deel van de gegevens was reeds in bezit van het NLR vanwege de jaarrapportage voor geluidsbelastingberekeningen. Met de toestemming van diverse data-eigenaren mag het NLR voor het huidige onderzoek deze data gebruiken.

Databestanden van verkeersgegevens zijn beschikbaar gesteld door de luchthavens voor de periode 2010-2019. Data van vóór 2009 waren reeds in een eerder onderzoek verzameld (Ref. 4). De beschikbare databestanden bevatten het volledige vliegverkeer met gedetailleerde informatie over onder meer type vlucht (start, landing, circuit), gebruikte baan, plaats van bestemming of herkomst, vliegtuigtype met ICAO aanduiding, registratie en het aantal "touch-and-go's". In totaal zijn 15 luchthavens beschouwd:

- 4 burgerluchthavens van nationale betekenis: Rotterdam The Hague Airport, Maastricht Aachen Airport, Groningen Airport Eelde en Lelystad Airport;

- 9 burgerluchthavens van regionale betekenis: Ameland, Budel, Drachten, Hilversum, Hoogeveen, Midden-Zeeland, Seppe (Breda International Airport), Teuge en Texel; en
- 2 militaire luchthavens⁹ met civiel medegebruik: Eindhoven en De Kooy/Den Helder. Op deze twee militaire luchthavens vindt structureel medegebruik van burgerluchtvaart plaats.

⁹ Toestemming van CLSK is verkregen om de gegevens van deze vliegbases toe te passen in dit onderzoek.

3 Selectiecriteria

3.1 Criteria voor het zware verkeer

3.1.1 Selectie luchthavens

De luchthavenselectie voor de afleiding van de nieuwe ongevalkansen van zwaar verkeer op de regionale luchthavens is gebaseerd op de volgende criteria:

- Het gemiddeld aantal commerciële, geregelde vliegtuigbewegingen ligt tussen 500 en 150.000 per jaar; deze bovengrens sluit direct aan bij de ondergrens voor de grote luchthavens.
- De luchthaven heeft minstens één verharde baan met een minimum lengte van 1.200 m.
- De luchthaven moet voldoende representatief zijn voor de burgerluchthavens van nationale betekenis: Rotterdam The Hague Airport, Maastricht Aachen Airport, Groningen Airport Eelde en Lelystad Airport¹⁰.
- De luchthaven ligt in één van de 31 EASA landen. Een overzicht van de EASA landen is gegeven in Tabel 3-1. Een overzicht van de geselecteerde luchthavens is opgenomen in Appendix A.

Tabel 3-1: Aantal geselecteerde luchthavens per EASA-lidstaat

Nr.	EASA lidstaat	# luchthavens	Nr.	EASA lidstaat	# luchthavens
1	Austria	4	17	Latvia	1
2	Belgium	4	18	Lithuania	3
3	Bulgaria	2	19	Luxembourg	1
4	Croatia	0*	20	Malta	1
5	Cyprus	3	21	Netherlands	4**
6	Czech Republic	3	22	Norway	17
7	Denmark	7	23	Poland	10
8	Estonia	3	24	Portugal	11
9	Finland	21	25	Romania	13
10	France	51	26	Slovakia	2
11	Germany	29	27	Slovenia	1
12	Greece	19	28	Spain	30
13	Hungary	1	29	Sweden	41
14	Iceland	4	30	Switzerland	4
15	Ireland	8	31	United Kingdom ¹¹	39
16	Italy	35	--	Totaal	372

*) Geen regionale luchthaven in dit land voldoet aan de selectiecriteria

**) De vier geselecteerde luchthavens behelzen drie burgerluchthavens van nationale betekenis (Rotterdam The Hague Airport, Maastricht Aachen Airport, Groningen Airport Eelde) en de militaire luchthaven met civiel medegebruik, Eindhoven Airport. Lelystad behoort vanwege de criteria (nog) niet tot de selectie. Op termijn zal Lelystad zich ontwikkelen tot een regionale luchthaven.

¹⁰ Naar aanleiding van commentaar van contra-experts is besloten een aantal luchthavens niet te beschouwen in de huidige analyse ten opzichte van eerdere studies. Dit betreft onder andere hoog gelegen luchthavens. De impact op het totaal aantal vliegtuigbewegingen van deze vermindering van het aantal geselecteerde luchthavens is zeer gering (minder dan 3% van het totaal).

¹¹ Wordt in dit onderzoek nog als EASA land beschouwd aangezien de UK t/m 2020 nog formeel gebonden was aan EASA regelgeving.

De selectiecriteria voor regionale luchthavens zijn grotendeels gebaseerd op die gebruikt zijn in eerdere studies met een klein aantal aanpassingen. De definitie van regionale luchthaven die in eerdere studies werd toegepast luidde *‘Een regionale luchthaven is een luchthaven met één of meer verharde banen, geschikt voor luchtverkeer met een MTOW boven de 5700 kg (zwaar verkeer), en niet behorend tot de grote luchthavens.’*, (zie Ref. 3). Voor het zware vliegverkeer worden nu alleen luchthavens beschouwd met 500 tot 150.000 vliegtuigbewegingen met commercieel, geregeld verkeer. De keuze hiervoor is historisch gegroeid. Voor de opzet van het externe veiligheidsmodel voor Schiphol werden de vergelijkbare luchthavens geselecteerd op basis van regio’s (West Europa, Noord-Amerika), aanwezigheid van bepaalde landingshulp systemen en weersinformatie systemen, en jaarlijks aantal van 150.000 (geregelde)¹² vliegtuigbewegingen. Bij de bepaling van de ongevalkansen voor regionale luchthavens was dat aantal van 150.000 vliegtuigbewegingen als bovengrens gesteld.

In 2012 zijn er discussies geweest tussen het NLR en het Ministerie van Infrastructuur en Milieu over de herziening van de ongevalkansen voor het regionale velden model. Er is toen voorgesteld om de oorspronkelijke luchthaven selectiecriteria iets aan te scherpen om een meer representatieve set te krijgen. Deze aangescherpte criteria zijn in deze studie nu toegepast. De ondergrens van 500 vliegtuigbewegingen is bijvoorbeeld nu extra toegevoegd omdat anders te veel luchthavens werden meegenomen waarop operaties met grotere vliegtuigen slechts sporadisch voorkwamen. Dit werd niet als representatief geacht voor de regionale luchthavens in Nederland. De ondergrens is enigszins arbitrair gekozen maar komt ongeveer overeen met het aantal vliegtuigbewegingen van een regionaal veld als Groningen Airport Eelde in bepaalde jaren. Er is ook een minimale baanlengte als criterium toegevoegd van 1.200 m¹³. Dit is de grens tussen een ICAO code 2 en 3 luchthaven. De burgerluchthavens van nationale betekenis zijn een code 4 luchthaven op basis van de beschikbare baanlengte. Eisen aan code 3 en 4 luchthavens zijn zwaarder dan voor code 1 en 2. Het gebruik van een minimum baanlengte van 1.200 m resulteert in een selectie van luchthavens met ICAO code 3 of 4 die meer representatief zijn voor de regionale luchthavens in Nederland. De landen die oorspronkelijk werden beschouwd kwamen uit het gebied wat onder Eurocontrol viel. Dit is aangepast tot alleen luchthavens uit EASA landen (en Europese landen die EASA direct volgen qua regelgeving) omdat dit voor de huidige situatie meer representatief wordt geacht voor de regionale luchthavens in Nederland.

De geselecteerde luchthavens moeten voldoende representatief zijn voor de burgerluchthavens van nationale betekenis in Nederland. In vergelijking tot grote luchthavens zoals Schiphol is het lastiger om eenduidige karakteristieken te vinden voor de Nederlandse burgerluchthavens van nationale betekenis. Onderling verschillen die burgerluchthavens al enigszins van elkaar qua type verkeer en verkeersvolumes. Rotterdam The Hague Airport kent weer een groot aantal zakenjets als gebruikers terwijl Maastricht Aachen Airport veelal door vrachtvliegtuigen wordt gebruikt. Er zouden wellicht meer kwantitatieve criteria voor de definitie van een regionale luchthaven kunnen worden gedefinieerd. Dat zal echter ten koste gaan van het totaal aantal luchthavens dat uiteindelijk in de dataset komt voor het schatten van de ongevalkansen. Dit zal resulteren in een minder betrouwbare schatting vanuit een statistisch oogpunt. Er moet een goede balans zijn tussen representativiteit van de gebruikte data en de statistische betrouwbaarheid van de geschatte kansen. De verwachting is dat deze balans er nu is voor de in deze studie geselecteerde 372 luchthavens.

¹² Op grote luchthavens zoals Schiphol zijn veruit de meeste uitgevoerde vluchten geregeld van aard.

¹³ Oorspronkelijk was het idee om 1.000 m te gebruiken maar mede naar aanleiding van de beoordeling van de selectiecriteria door de contra-experts is in de huidige studie dat verhoogd naar 1.200 m wat als meer representatief wordt geacht voor de regionale luchthavens in Nederland.

3.1.2 Selectie ongevalsgegevens

De ongevallen worden allereerst geselecteerd op basis van de definitie van een externe veiligheidsongeval die luidt: *“Ieder onbedoeld contact met de grond van een vliegtuig buiten de start- en landingsbaan”*. Onder de definitie van externe veiligheid kunnen zowel ongevallen (met schade en, of slachtoffers) vallen alsmede incidenten waarbij er geen enkele schade of slachtoffers zijn. Het gaat om elk contact met de grond, begroeiing of bebouwing van een vliegtuig buiten de start- of landingsbaan.

Vervolgens worden volgende selectiecriteria toegepast.

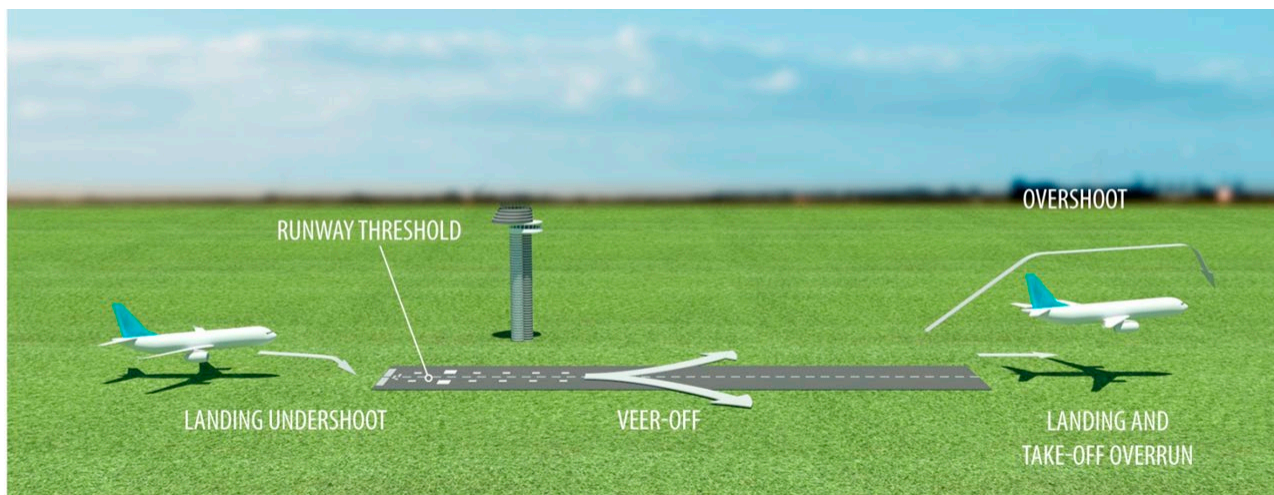
1. De ongevallen hebben plaatsgevonden in de periode 2005¹⁴-2019.
2. Uitgesloten zijn:
 - helikopterongevallen;
 - ongevallen met een militair toestel of vanwege een militaire actie;
 - ongevallen als gevolg van sabotage, terrorisme en/of suïcidale actie;
 - ongevallen tijdens airshow of vluchtdemonstratie;
 - ongevallen in flight testing.
3. Ongevallen die gebeurd zijn in één van volgende vluchtfases:
 - Take-off
 - Initial climb
 - Initial approach
 - Final approach
 - Landing
 - Go-around¹⁵
4. Ongevallen conform de definitie van een EV-ongeval en worden gecategoriseerd in take-off overrun, take-off overshoot, landing overrun, of landing undershoot (zie Figuur 3-1). Veer-offs worden niet beschouwd in de huidige modellering;
5. Ongevallen met een vliegtuig met een MTOW van 5.700 kg of meer met uitzondering van sommige zakenjets¹⁶;
6. Ongevallen met een geregelde (scheduled) vlucht (geldt niet voor zakenvluchten met zakenjets);
7. Ongevallen die plaats hebben gevonden op één van de geselecteerde luchthavens.

In dit onderzoek heeft NLR de ongevalsgegevens van het niet-geregeld commerciële vliegverkeer ook verzameld om een vergelijking te kunnen maken met geregeld verkeer.

¹⁴ Dat het jaar 2005 als startpunt wordt gekozen voor het zware verkeer komt door dat de EU-blacklist in dat jaar wordt geïntroduceerd om onveilige operators te weren uit het EU-gebied.

¹⁵ Een go-around (doorstart) is qua motor en flap setting en snelheid vergelijkbaar met de initiële klim in een start. Het enige verschil is vaak het lagere gewicht van het vliegtuig wat in een hogere klim snelheid kan resulteren bij sommige vliegtuigen zonder ‘auto throttle’. In externe veiligheid analyses kan een ongeval tijdens de go-around gerekend worden tot de start vluchtfase mits het vliegtuig voorbij de baandrempeel is geëindigd op de grond of dat daar de grond geraakt is. Het ongeval locatie model voor starts is voor een klein gedeelte gebaseerd op data van ongevallen tijdens de go-around die voorbij de baandrempeel terecht zijn gekomen. Ongevallen tijdens de go-around die voor de baandrempeel eindigen op de grond worden wel als landingsongeval beschouwd (undershoot) en zijn ook gebruikt in het ontwikkelen van het ongeval locatie model voor undershoots. In het verleden (2005) is er door de toenmalige begeleidingscommissie gevraagd aan NLR om te kijken naar de haalbaarheid van een separaat extern veiligheidsmodel voor go-arounds. De conclusie was dat de onzekerheid in waar (geografisch t.o.v de baan) de go-around procedure wordt doorlopen en het zeer geringe aantal relevante locatie-datapunten resulteert dat een separaat locatiemodel voor go-arounds onhaalbaar is. Deze conclusie is nog steeds van toepassing. Ook moeten het aantal uitgevoerde go-arounds dan apart worden vastgelegd door een luchthaven. Niet elke luchthaven zal dit soort informatie verzamelen. Voor externe veiligheidsberekeningen wordt er gebruik gemaakt van scenario’s die voor geluidbelasting zijn gemaakt. Deze kennen geen go-arounds. Het aantal uitgevoerde go-arounds hangt van veel factoren af zoals lokaal klimaat, drukte op een vliegvelden, etc. maar is gemiddeld in de orde van 1 per 800 tot 1.400 landingen. Dit betekent dat de bijdrage aan het externe veiligheidsrisico zeer gering zal zijn.

¹⁶ Onder ‘zware’ vliegtuigen worden ook lichte zakenjets van onder de 5.700 kg meegenomen.



Figuur 3-1: Schematisch overzicht van ongevalstypen voor externe veiligheid (veer-offs worden niet beschouwd)

3.1.3 Selectie vluchtaantallen

De selectie van de vluchtaantallen voor passagiers- en vrachtverkeer en verkeer met zakenjets vindt plaats op grond van de volgende criteria:

1. De vluchten zijn uitgevoerd op één van de geselecteerde luchthavens (Appendix A) in de periode 2005-2019;
2. Het MTOW van het vliegtuig moet minimaal 5.700 kg zijn;
3. De vlucht is een geregelde vlucht ('scheduled flight') of is een zakenvlucht met een zakenjet¹⁷;

Het zakenjet-verkeer is gebaseerd op data verkregen van Eurocontrol die op een geaggregeerd niveau per luchthaven en jaartal beschikbaar zijn. Zoals gezegd in paragraaf 2.2.2 is het niet mogelijk om in deze gegevens een onderscheid te maken naar vliegtuiggeneratie. Voor de herziening van ongevalkansen leidt dit niet tot een probleem omdat de ongevalkansen voor het zakenjet-verkeer geen onderscheid in vliegtuiggeneraties kent.

3.2 Criteria voor het lichte verkeer

3.2.1 Selectie luchthavens

De gegevens van ongevallen en vliegtuigbewegingen worden voor vliegvelden in Nederland geselecteerd. Tabel 3-2 geeft een overzicht van deze luchthavens. In de voorgaande actualisering (NLR-CR-2010-606, Ref. 4) waren gegevens van licht verkeer van Schiphol ook meegenomen. Gezien het geringe aantal bewegingen van licht verkeer daar, heeft NLR voor de actualisering ongevalkansen de gegevens van Schiphol buiten beschouwing gelaten. NLR schat in dat dit zeer beperkte invloed heeft op de uitkomsten van de herziening van ongevalkansen.

¹⁷ Een "business jet" of zakenjet is een vliegtuig met straalmotor, dat ontworpen is voor en uiteindelijk geopereerd wordt voor één van de volgende type zakelijke vluchten (doeleinden): het zakenjet-vliegtuig is in het bezit van of is geleased door een bedrijf welk het vliegtuig opereert om het eigen personeel of de VIP's te vervoeren; het zakenjet-vliegtuig is in geheel of gedeeltelijke eigen bezit of gehuurd, en wordt gebruikt voor eigen vervoer, voor recreatie vluchten, of op ad-hoc basis. Er zijn enkele zakenjet-vliegtuigen die ongebouwd zijn tot vrachtvliegtuigen. Deze worden tot het commerciële vrachtverkeer gerekend. Er zijn ook passagiersvliegtuigen die omgebouwd zijn tot zakenjet zoals de B737 BBJ en Airbus Corporate Jets als de ACJ319.

MLA-velden of zweefvliegterreinen worden niet meegenomen in de luchthavenselectie. Dit is in overeenstemming met de voorgaande actualisering (Ref. 4). Eveneens in overeenstemming met de voorgaande actualisering worden vliegvelden Oostwold en Stadskanaal buiten beschouwing gelaten.

Tabel 3-2: Geselecteerde luchthavens voor het lichte verkeer

Vliegvelden	Soort luchthaven
Ameland	Klein vliegveld
Budel	Klein vliegveld
Drachten	Klein vliegveld
Hilversum	Klein vliegveld
Hoogeveen	Klein vliegveld
Midden-Zeeland	Klein vliegveld
Seppe	Klein vliegveld
Teuge	Klein vliegveld
Texel	Klein vliegveld
Groningen Airport Eelde	Regionale luchthaven
Lelystad Airport	Regionale luchthaven
Maastricht Aachen Airport	Regionale luchthaven
Rotterdam The Hague Airport	Regionale luchthaven
Eindhoven – civiel	Militaire luchthaven met civiel medegebruik
Den Helder/De Kooy - civiel	Militaire luchthaven met civiel medegebruik

3.2.2 Selectie ongevalsgegevens

De ongevallen worden allereerst geselecteerd op basis van de definitie van een externe veiligheidsongeval die luidt: “Ieder onbedoeld contact van een vliegtuig buiten de start- en landingsbaan”. Vervolgens worden volgende selectiecriteria toegepast:

1. Start- of landingsongeval in directe nabijheid van de luchthaven¹⁸;
2. Ongeval in de periode 2009-2019¹⁹;
3. Ongeval dat plaats heeft gevonden op één van de in par. 3.2.1 geselecteerde luchthavens in Nederland. Uitgesloten zijn MLA-velden, zweefvliegvelden, strikt militaire luchtvaartterreinen en niet-aangewezen terreinen (bijv. een weiland);
4. Ongevallen van civiele vliegtuigen inclusief MLA's (micro light aircraft) en motorzweefvliegtuigen met een MTOW boven 390 en onder 5700 kg; en vliegtuigen onder 5.700 kg die volgens NLR-TR-2010-454 (Ref. 5) “De standaard vliegtuiggegevens voor EV-berekening overige burgerluchthavens” als ‘zwaar’ zijn aangemerkt, zijn uitgesloten²⁰;
5. Ongevallen bij niet specifiek luchthaven-gebonden manoeuvreren zijn uitgesloten²¹;
6. Voorvallen met een ongeval locatie tussen de baaneinden zijn uitgesloten, tenzij het voorval plaatsvond op het rugwindbeen in het circuit.

¹⁸ Bij licht verkeer vinden de start- en landingsfasen van de vlucht relatief dicht bij de luchthaven plaats. In de praktijk zijn voor de afleiding van de ongevalkans altijd alleen die ongevallen gebruikt die daadwerkelijk betrekking hadden op de start- en landingsfasen in de directe omgeving van de luchthaven. Dit criterium wordt in dit onderzoek eveneens gehanteerd bij de selectie van de ongevallen in analogie met eerdere studies.

¹⁹ In de voorgaande herziening van de ongevalkans voor licht verkeer werd de periode 1999-2008 beschouwd, zie Ref. 4.

²⁰ Deze ‘zware’ vliegtuigen van onder 5.700 kg betreffen lichte zakenjets (bijv. Cessna 525, CJ1, CJ2) of Very Light Jets (bijv. Eclipse 500) en turboprop-vliegtuigen met een startgewicht van 5.670kg.

²¹ Bijvoorbeeld trainingsvluchten die niet gestart waren van de betreffende luchthaven of de intentie hadden om daar te gaan landen maar wel dichtbij de luchthaven waren ten tijde van het ongeval.

3.2.3 Selectie vluchtaantallen

De bewegingen van het lichte verkeer zijn samengesteld uit gegevens van verschillende Nederlandse luchthavens. De gegevens van de luchthavens die beschikbaar zijn voor dit onderzoek worden eerst verwerkt (touch-and-go's als twee bewegingen verwerkt) en gecontroleerd. Ter controle worden de door NLR verwerkte bewegingsaantallen vergeleken met die aantallen die door het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) op hun website CBS Statline zijn gerapporteerd.

Appendix B geeft de vergelijking van de NLR en CBS-aantallen voor de periode 2009-2019. In het algemeen komen de resultaten van het NLR zeer goed overeen met die van het CBS. De NLR-aantallen als totaal wijken minder dan 1% af van de CBS-aantallen.

De door NLR verwerkte bewegingsgegevens worden vervolgens gebruikt om de vluchtaantallen van het lichte verkeer te bepalen. Conform referentie 4 vindt de selectie van vluchtaantallen plaats op grond van volgende criteria:

1. De vluchten zijn uitgevoerd op één van de geselecteerde luchthavens (Tabel 3-2) in de periode 2009-2019;
2. Vaste-vleugelvliegtuigen;
3. Het MTOW van het vliegtuig moet tussen de 390 en 5.700 kg zijn;
4. Vliegtuigen met een MTOW onder 5.700 kg die volgens de standaard vliegtuiggegevens voor berekening externe veiligheidsrisico's voor overige luchthavens, NLR-TR-2010-454 (Ref. 5) als "zwaar" worden aangemerkt, worden buiten beschouwing gelaten.

4 Datasets

Voor het schatten van ongevalkansen zijn twee datasets nodig: Ongevallendata, te weten het aantal externe-veiligheidsongevallen dat heeft plaatsgevonden, en; 'Exposure data', te weten het aantal starts van of het aantal landingen op de luchthaven. Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de datasets voor het zware en het licht vliegverkeer.

4.1 Dataset voor het zware verkeer

4.1.1 Passagiers- en vrachtverkeer (Passenger en Cargo)

Voor de periode 2005-2019 zijn er in totaal 51 ongevallen geïdentificeerd met zware vliegtuigen tijdens een passagiers- of vrachtvlucht. De geïdentificeerde ongevallen zijn weergegeven in de overzichten opgenomen in Appendix B. Deze ongevallen zijn verzameld uit de selectie van 372 regionale luchthavens in de EASA-lidstaten. Van de 51 ongevallen zijn er 10 tijdens een niet-geregelde (unscheduled) vlucht gebeurd en 41 bij een geregelde (scheduled) vlucht (zie Tabel 4-1). Het doel van het verzamelen van ongevallen met niet-geregeld verkeer is om te toetsen of de ongevalkans van dit verkeerstype statistisch verschillend is of niet van de ongevalkans van een geregelde vlucht. In hoofdstuk 5 wordt hierop verder ingegaan.

Tabel 4-1: Aantal ongevallen per categorie voor de periode 2005-2019

Categorie	Niet-geregeld	Geregeld	Totaal
Vracht (Cargo)	2	5	7
Passagiers (Passenger)	8	36	44
Totaal	10	41	51

Het passagiers- en vrachtverkeer kan verder verdeeld worden in drie vliegtuiggeneraties conform de Regeling Burgerluchthavens en de oorspronkelijke modellering. Zoals in de inleiding is aangegeven wordt ook de mogelijkheid van de introductie van Generatie-4 vliegtuigen in deze studie onderzocht. In de oorspronkelijk modellering worden de Generatie-4 vliegtuigen beschouwd als Generatie-3 vliegtuigen. Generatie-4 vliegtuigen zijn volgens de Airbus definitie vliegtuigtypen met een volledig fly-by-wire systeem inclusief volledige of gedeeltelijke Flight Envelope Protection. Typische generatie-4 vliegtuigen zijn Airbus A319/A320/A321, Boeing 777, Bombardier CRJ-705, Embraer 175/190²².

Tabel 4-2 presenteert het totale aantal ongevallen voor de periode 2005-2019 onderverdeeld in verschillende vliegtuiggeneraties.

²² Sommige vliegtuigfabrikanten vervangen gedeeltes van de mechanische besturing van bestaande vliegtuigen door een fly-by-wire systeem om gewicht te besparen. Deze aanpassing zorgt echter niet voor wezenlijke veranderingen in de besturing en de bescherming van het vliegtuig. Deze vliegtuigen hebben ook niet meer dan 2 flight control computers terwijl volledig fly-by-wire vliegtuigen er tenminste 3 hebben. Daarom worden deze vliegtuigen niet tot de vierde generatie gerekend. Voorbeelden zijn de Boeing 737MAX en B747-8 vliegtuigen.

Tabel 4-2: Aantal ongevallen per categorie onderverdeeld in verschillende vliegtuiggeneraties

Categorie	Niet-geregeld Vracht	Niet-geregeld Passagiers	Geregeld Vracht	Geregeld Passagiers
Generatie-1	1	0	2	0
Generatie-2	1	0	2	1
Generatie-3	0	8	1	35
Nieuwe indeling:				
Generatie-3	(0)	(7)	(1)	(23)
Generatie-4	(0)	(1)	(0)	(12)
Totaal	2	8	5	36

De vluchtaantallen verzameld zijn samengesteld uit de OAG Time Tables voor het geregelde passagiers- en vrachtverkeer. Tabel 4-3 presenteert de totale bewegingsaantallen (starts en landingen samen) voor de periode 2005-2019. Zoals de tabel laat zien, is het aandeel vrachtverkeer op de geselecteerde regionale luchthavens klein ten opzichte van het passagiersverkeer: 0,7% versus 99,3%²³.

Tabel 4-3: Vliegtuigbewegingen met geregeld (scheduled) passagiers- en vrachtverkeer voor de periode 2005-2019

Categorie	Vliegtuigbewegingen
Vracht (Cargo)	678.152
Passagiers (Passenger)	*100.982.986
Totaal	101.661.138

*) 1206 Combi-bewegingen zijn opgeteld bij het passagiersverkeer.

Tabel 4-4 geeft de bewegingsaantallen weer per vliegtuiggeneratie per categorie, inclusief de verdeling voor de nieuwe Generatie-4 vliegtuigen. In deze tabel is te zien dat het verkeer met Generatie-1 en -2 vliegtuigen slechts een klein aandeel (1,6%) heeft in het totale verkeer (passagiers en vrachtluchten tezamen). In 2019 was dit aandeel gedaald naar minder dan 0,7%. Dit maakt duidelijk dat oudere vliegtuigen steeds minder voorkomen op de Europese regionale luchthavens. Dat geldt ook voor de Nederlandse regionale luchthavens. In de beschouwde periode was daar het aandeel generatie-1 en -2 vliegtuigen slechts 0,6%. De laatste jaren komen er vrijwel geen vliegtuigen van deze generaties meer voor op de Nederlandse regionale luchthavens.

Voor het passagiersverkeer zijn generatie-3 vliegtuigen de voornaamste gebruikte categorie. Het aandeel passagiersverkeer met generatie-3 vliegtuigen (oorspronkelijke indeling) is 98,4% voor de periode 2005-2019. Als de nieuwe indeling van generatie-3 en generatie-4 vliegtuigen wordt beschouwd, dan is het aandeel respectievelijk 59,6% en 39,0%. Voor de Nederlandse regionale luchthavens is deze verdeling respectievelijk 84,6% en 15,1% voor passagiersvluchten voor de periode 2005-2019. Het grotere aandeel generatie-3 vliegtuigen komt voor rekening van lokale Nederlandse operators die B737NG vliegtuigen gebruiken.

Voor het vrachtverkeer zijn generatie-3 vliegtuigen (oorspronkelijke indeling) de voornaamste categorie die voorkomt met een aandeel van 70,7%. Als de nieuwe indeling met generatie-3 en generatie-4 vliegtuigen wordt beschouwd, dan is het aandeel respectievelijk 62,6% en 8,1% in de periode 2005-2019. Dit laat zien dat generatie-4 vliegtuigen, in vergelijking met het passagiersverkeer, nog maar beperkt worden gebruikt voor vrachtluchten. Er is nog wel een redelijk aandeel vrachtluchten uitgevoerd met generatie-2 vliegtuigen: 26,7%. Het aandeel met generatie-1

²³ Ter vergelijking, wereldwijd betreft circa 6% van alle commerciële vliegverkeer vrachtluchten (bron: NLR aircraft cycle database).

vliegtuigen is gering: slechts 2,6% van het totaal aantal vrachtluchten. Ook hier geldt dat het aandeel generatie-1 en -2 vliegtuigen over de jaren zeer sterk is teruggelopen. Voor de Nederlandse regionale luchthavens is de verdeling vrachtverkeer met generatie-3 en -4 vliegtuigen respectievelijk 86,7% en 10,7% voor de periode 2005-2019. De laatste jaren wordt er vrijwel niet meer met generatie-1 en-2 vrachtvliegtuigen gevlogen op de Nederlandse regionale luchthavens. De vloot modernisering loopt op de Nederlandse luchthavens sneller dan op andere regionale luchthavens in Europa. Dit kan veroorzaakt worden door de strenge vliegtuiggeluidseisen die in Nederland gelden rondom luchthavens.

Wel moet er opgemerkt worden dat bij de modernisering van de vloot, waarbij het oude vliegtuig vervangen wordt door een nieuwere versie, het vliegtuig niet per se wordt gerekend tot de modernste vliegtuigcategorie voor externe veiligheid. Dit heeft te maken met de indeling en de definitie van vliegtuiggeneratie zoals toegepast in het externe veiligheidsmodel. Een typisch voorbeeld, dat ook eerder is vermeld, is de Boeing 737MAX. Dit vliegtuig is gecertificeerd conform oudere certificatiestandaarden gebruik makend van zogenaamde 'grandfather-rights'. Het vliegtuig is nu ingedeeld als derde-generatie vliegtuig, niet als vierde-generatie vliegtuig wat betreft vliegveiligheid.

Tabel 4-4: Vliegtuigbewegingen met geregeld (scheduled) passagiers- en vrachtverkeer onderverdeeld in verschillende vliegtuiggeneraties 2005-2019

Categorie	Vrachtverkeer	Passagiersverkeer
Generatie-1	17.540	83.498
Generatie-2	181.370	1.341.718
Generatie-3	479.242	99.557.770
Nieuwe indeling:		
Generatie-3	(424.252)	(60.184.642)
Generatie-4	(54.990)	(39.373.128)
Totaal	678.152	100.982.986

4.1.2 Zakenjet-verkeer (Business Jet)

Voor de periode 2005-2019 zijn er in totaal 13 ongevallen geïdentificeerd met zakenjet vliegtuigen die zakenvluchtoperaties hebben uitgevoerd²⁴. Een overzicht is gegeven in Tabel 4-5. Van de 13 ongevallen vonden er 3 (23%) tijdens de start plaats en 10 (77%) tijdens de landing. De 'Landing Overrun' categorie is verantwoordelijk voor bijna de helft (46%) van de externe veiligheid ongevallen voor zakenjets. Dat Landing Overrun als het meest voorkomend ongevalstype is ook te zien in de verzamelde ongevallen voor passagiers- en vrachtverkeer. Verder zijner in de tabel enkele zakenjets opgenomen die lichter zijn dan 5.700 kg zoals bijvoorbeeld de Phenom 300 en CJ1. Volgens de standaard vliegtuiglijst (Ref. 5) worden deze vliegtuigen bij uitzondering gerekend als zware vliegtuigen.

Het aantal zakelijke vliegtuigbewegingen met jets voor de periode 2005-2019 is weergegeven in Tabel 4-6.

²⁴ Er zijn business jet vliegtuigen die uitsluitend gebruikt worden voor vrachtvervoer. Deze tellen hier niet mee maar wel als zware commerciële vrachtluchten.

Tabel 4-5: Overzicht geïdentificeerde ongevallen met zakenjet-verkeer (Business Jets)

Datum	Lokatie	Vliegtuigtype	Vluchtfase	Type ongeval
09-09-2005	Rome Ciampino, Italië	Cessna Citation 501	Landing	Overrun
05-02-2006	Londen Luton, VK	Bombardier Challenger 604	Landing	Overrun
15-02-2006	Kiel-Holtenau, Duitsland	Dassault Falcon 20/200	Landing	Overrun
23-01-2007	Chambery, Frankrijk	Learjet 35	Landing	Overrun
07-02-2009	Rome Ciampino, Italië	Cessna Citation III	Start	Overshoot
07-06-2010	Leeds-Bradford, VK	Cessna CJ 1	Start	Overrun
02-08-2012	Santiago de Compostela, Spanje	Cessna 500 Citation	Landing	Undershoot
06-08-2012	Altenrhein-Rorshach, Zwitserland	Embraer Phenom 300	Landing	Overrun
09-08-2012	Teesside, VK	Dassault Falcon 20DC	Start	Overrun
15-09-2012	Ronne-Bornholm, Denemarken	Learjet 24D	Landing	Undershoot
12-03-2015	Blackpool, VK	Beechcraft Premier 1A	Landing	Overrun
14-12-2017	Friedrichshafen, Duitsland	Cessna Citation Mustang	Landing	Undershoot
06-08-2019	Aarhus-Tirstrup, Denemarken	Cessna Citation XLS+	Landing	Undershoot

Tabel 4-6: Vliegtuigbewegingen zakelijk verkeer met zakenjet-verkeer (Business Jets) voor de periode 2005-2019

• Categorie	• Vliegtuigbewegingen
• Zakenjet	• 7.969.512

4.2 Dataset voor het lichte verkeer

De huidige gebruikte ongevalkansen voor licht verkeer zijn gebaseerd op een dataset met ongevallen die plaatsvonden in Nederland voor de periode 1999-2008. In de actualisering van ongevalkansen wordt dezelfde methodiek gehanteerd als in de oorspronkelijke aanpak. Hierbij wordt alleen gekeken naar ongevallen die hebben plaatsgevonden in Nederland. De actualisering houdt in eerste instantie dat de dataset ten behoeve van de afleiding van ongevalkansen wordt uitgebreid met recentere gegevens, voor de periode 2009 tot en met 2019.

Voor de periode onderzochte 2009-2019 zijn er in totaal 25 ongevallen geïdentificeerd met lichte vliegtuigen op de geselecteerde luchthavens in Nederland die voldoen aan de gestelde selectie criteria. Een overzicht is gegeven in Tabel 4-7. Van de 25 ongevallen vonden er 13 (52%) tijdens de start en 12 (48%) tijdens de landing plaats. In de 12 ongevallen tijdens de landing zijn er 4 overruns gevonden en 8 undershoots geïdentificeerd. Dit is vergelijkbare verdeling als gevonden in eerdere studies (Ref. 4).

Meer dan de helft van de start ongevallen met licht verkeer in de dataset betrof een motorstoring tijdens de start vlak na het loskomen (69%)²⁵. Dit zijn er relatief meer dan gevonden in eerdere studies [2, 4]. Er is geen duidelijke verklaring voor dit hogere aantal motorstoringen. Dit is hoogst waarschijnlijk te wijten aan toeval dan aan een systematische oorzaak. Historisch gezien hebben motorstoringen een groot aandeel in het aantal ongevallen met eenmotorige zuiger vliegtuigen.

²⁵ Dit betreft motorstoringen die op een relatieve lage hoogte plaatsvinden. De vlieger heeft dan zeer weinig tijd om de noodlanding voor te bereiden. Het is dan vrijwel niet mogelijk om objecten en of personen op de grond altijd te ontwijken.

In de periode 2009-2019 zijn er geen overruns tijdens de start geweest. Deze kunnen normaal alleen voorkomen wanneer een start dichtbij het einde van de baan wordt afgebroken of wanneer het vliegtuig pas vlak voor het einde van de baan wordt gerooteerd waardoor het vliegtuig voorbij de baandrempel niet of laat loskomt van de grond. Veruit de meeste lichte vliegtuigen die in Nederland vliegen hebben maar weinig grond afstand nodig tijdens de start (gemiddeld 250 m voor een klein 1-motorig toestel en 500 m voor een groter 2-motorig vliegtuig, beide bij een maximaal startgewicht). Dit geeft op de luchthavens uit de selectie een ruime marge aangezien de beschikbaar startbaanlengtes vaak veel groter zijn en de actuele startgewichten meestal minder dan het maximum. Dit kan verklaren waarom er geen overruns tijdens de start gevonden zijn in de periode 2009-2019. Dit bewijst overigens niet dat de kans op een overrun tijdens de start gelijk aan nul zou zijn.

In de huidige analyse zijn er uit de meldingen aan ABL vier landingsvoorvallen geïdentificeerd die uiteindelijk niet zijn meegenomen in de definitieve dataset. Door gebrek aan detail informatie was het niet eenduidig vast te stellen of deze voorvallen aan de selectiecriteria voldeden. In alle vier de gevallen was de codering 'runway excursion' gebruikt zonder aan te duiden of dit een overrun of veer-off was. In één van de vier gevallen was er ook een codering gebruikt die duidde op een runway veer-off. Het bleek niet mogelijk om meer informatie te verkrijgen over deze vier voorvallen²⁶.

Tabel 4-7: Overzicht geïdentificeerde ongevallen met licht verkeer

Datum	Lokatie	Vliegtuigtype	Vluchtfase	Type ongeval
08-04-2009	Texel airport	Piper Cub J3C-65	Landing	Undershoot
16-10-2009	Budel	Pilatus PC12/47E	Start	Overshoot
16-04-2011	Vliegveld Hilversum	APEX DR 400/140 B	Landing	Overrun
15-07-2011	Lelystad Airport	Diamond DA 40 D	Start	Overshoot
02-08-2011	Lelystad Airport	Yak-52	Landing	Undershoot
20-01-2012	Kempen/Budel airport	Air Creation XP 15 GTE 582 S	Start	Overshoot
04-05-2012	Eindhoven airport	Ruschmeyer R 90-230 RG	Landing	Undershoot
16-06-2012	Lelystad Airport	Aero AT3 R100	Start	Overshoot
15-09-2012	Den helder Airport	Aeropro Fox-912	Start	Overshoot
15-03-2013	Texel airport	New Piper PA-28-18	Landing	Undershoot
27-05-2013	Vliegveld midden-zeeland	Piper PA-18-150	Start	Overshoot
24-08-2013	Midden Zeeland	Cessna F172N Skyhawk	Landing	Overrun
01-03-2014	Vliegveld Seppe	Piper PA-25-235	Start	Overshoot
24-05-2015	Texel airport	CASA 1-131E series 2000,	Landing	Undershoot
23-01-2016	Texel airport	Piper PA-28-161	Landing	Undershoot
04-05-2016	Texel airport	P 92	Landing	Undershoot
17-08-2016	Lelystad airport	DA-40	Start	Overshoot
10-09-2016	Breda International Airport	Brändli BX-2 Cherry	Landing	Overrun
27-02-2018	Breda International Airport	Aquila A210	Start	Overshoot
31-05-2018	Breda International Airport	Piper Pawnee	Start	Overshoot
15-06-2018	Breda International Airport	PA-28-181	Landing	Overrun
14-11-2018	Lelystad Airport	TL-ULTRALIGHT Stream	Landing	Undershoot
15-12-2018	Vliegveld Hilversum	Europa Aviation Limited	Start	Overshoot

²⁶ Een incident database zoals die door ABL wordt beheerd voor Nederland is van grote toegevoegde waarde voor onderzoek naar luchtvaartveiligheid in Nederland. Het is daarom belangrijk dat de personen die meldingen doorgeven aan ABL een zo compleet mogelijk beeld schetsen van de situatie die zich heeft voorgedaan.

Datum	Lokatie	Vliegtuigtype	Vluchtfase	Type ongeval
08-04-2019	Vliegveld Hilversum	TL-3000 Sirius	Start	Overshoot
07-09-2019	Breda International Airport	Piper PA-28-181	Start	Overshoot

In totaal zijn er 4.419.912 vliegtuigbewegingen²⁷ uitgevoerd in de periode 2009-2019 (zie ook Tabel 4-8).

Tabel 4-8: Vliegtuigbewegingen met Licht verkeer voor de periode 2009-2019

Categorie	Vliegtuigbewegingen
Licht	4.419.912

²⁷ Oftewel circa 2.209.956 starts en 2.209.956 landingen.

5 Statistische analyses en resultaten

5.1 Introductie

In dit hoofdstuk worden er een aantal statistische analyses uitgevoerd op de verzamelde data met als doel ongevalkansen te schatten voor de verschillende ongevalstypen die gebruikt kunnen worden voor externe veiligheidsberekeningen rondom burgerluchthavens. De nieuw geschatte ongevalkansen worden ook vergeleken met de huidige ongevalkansen zoals opgenomen in bijlage 2, tabel 3 van de Regeling Burgerluchthavens en resultaten verkregen in eerdere studies (Ref. 2 en 4).

De in deze studie gebruikte statistische technieken zijn vrij algemeen en deels gedocumenteerd in de eerder uitgevoerde NLR studies over ongevalkansen. Standaard wordt er voor elke geschatte ongevalkans het 95%-betrouwbaarheidsinterval berekend op basis van de *Clopper en Pearson* methode (ook bekend als de 'exacte methode')²⁸. Een betrouwbaarheidsinterval is een interval van geschatte mogelijke waarden van de parameter (in dit geval de ongevalkans). De waarde van 95% wordt standaard in de literatuur gebruikt²⁹.

Voor het schatten van een ongevalkans is er vaak maar 1 dataset beschikbaar van een populatie³⁰. Binnen een dataset kan soms wel onderscheid gemaakt worden in elementen die de ongevalkans kunnen beïnvloeden. Dat kan bijvoorbeeld zijn de generatie vliegtuigen, de geografische spreiding, type operatie of de tijdsperiode. De grootte van het betrouwbaarheidsinterval dient 'voldoende' klein te zijn om vertrouwen te hebben dat de dataset groot genoeg was om een betrouwbare schatting te hebben van de ongevalkans. Er bestaan echter geen kwantitatieve maatstaven voor wat voldoende klein is. Het is grotendeels een subjectieve beschouwing. De ervaring leert dat een betrouwbaarder resultaat volgt uit het meer symmetrisch worden van de berekende betrouwbaarheidsintervallen op basis van de *Clopper en Pearson* methode. Het interval kan vaak kleiner en meer symmetrisch worden naarmate de geschatte ongevalkans gebaseerd is op een groter aantal vluchten. Data over een lange tijdsperiode wordt daarom bij voorkeur gebruikt voor het schatten van ongevalkansen van vliegtuigoperaties. Er is echter wel een grens aan de periode die gebruikt kan worden doordat oudere data na een bepaalde tijd niet meer representatief zijn voor de vliegoperaties in de komende jaren of in de beschouwde periode, die mede daarom niet meer als één dataset gebruikt kan worden.

Om te bepalen of een verschil in ongevalkansen tussen verschillende categorieën berust op toeval of niet, kan gebruik worden gemaakt van een statistische toets (ook toets van hypothese genoemd). Dat kan bijvoorbeeld door het bepalen van een p -waarde of door het onderling vergelijken van de 95%-betrouwbaarheidsintervallen³¹. Op een vergelijkbare manier kunnen ook trend analyses in de tijd worden uitgevoerd³².

²⁸ De Clopper en Pearson methode wordt standaard gebruikt bij het NLR in navolging van de richtlijnen voor de statistische verwerking van waarnemingen volgens het NEN. Een algemeen nadeel van de Clopper en Pearson methode is dat deze conservatief is en ruimere intervallen kan geven. Daarom worden soms de methodes van Agresti-Coull, Wilson, of Jeffreys aanbevolen. Echter voor het schatten van ongevalkansen voor vliegtuigoperaties geven al deze methoden vergelijkbare resultaten als de Clopper en Pearson methode.

²⁹ Deze waarde geeft niet aan dat de kans 95% is dat de werkelijke ongevalkans in het interval ligt. Het betekent dat bij herhaling van de procedure, met steeds nieuwe (aselecte) steekproeven uit dezelfde populatie, kan worden verwacht dat 95% van de zo berekende intervallen de werkelijke ongevalkans bevatten. Dus wanneer er 100 verschillende betrouwbaarheidsintervallen zijn bepaald voor 100 populaties, dan zal de werkelijk ongevalkans in 95 van deze intervallen liggen.

³⁰ Normaal beperkt men zich bij een onderzoek van een populatie vaak tot een deel ervan. Aangezien ongevallen met vliegtuigen zeer zeldzaam zijn, wordt er normaal geen gebruik gemaakt van kleine gedeeltes van de gehele populatie.

³¹ De p -waarde is de kans dat er een verschil gemeten is, terwijl er in werkelijkheid geen verschil is. Hoe kleiner de p -waarde, hoe groter de kans dat het gemeten verschil niet toevallig is. Als grenswaarde wordt bij de berekening van de p -waarde meestal 5% gekozen, overeenkomend met het 95% betrouwbaarheidsinterval. Het verschil is 'significant' als de gevonden p -waarde kleiner is dan de grenswaarde van 5% ($p < 0,05$) en 'niet-significant' als de p -waarde is groter dan 5%. In het eerste geval wordt de 'null hypothesis' (dat er geen verschil is) verworpen en in het tweede geval is er onvoldoende bewijs om de 'null hypothesis' te verwerpen (er is dan geen onderling verschil). Een hoge p waarde bewijst niet dat de null hypothesis correct is maar dat er simpel te weinig bewijs is om deze af te wijzen. Bij het vergelijken van kansen of proporties wordt soms de voorkeur gegeven om niet met een p -waarde te werken, maar met de 95%-betrouwbaarheidsintervallen (zie bijvoorbeeld Ned Tijdschr

5.2 EV-ongevalkansen zwaar verkeer

5.2.1 Passagiers- en vrachtverkeer

5.2.1.1 Geregeld versus niet-geregelde commerciële vluchten

In deze studie worden de ongevalkansen voor het zware vliegverkeer geschat met behulp van vliegtuigbewegingsdata voor geregelde (scheduled) vluchten. Het merendeel van de commerciële vluchten met zware vliegtuigen op regionale luchthavens zijn geregelde vluchten die vliegen volgens een vaste dienstregeling die niet snel wordt aangepast. Het niet-geregelde vliegverkeer wordt uitgevoerd op een ad-hoc basis of is seizoensgebonden (bijvoorbeeld de traditionele vakantievluchten). Er wordt in deze studie aangenomen dat het niet-geregelde zware commerciële vliegverkeer een vergelijkbaar vliegveiligheidsniveau heeft als het geregelde vliegverkeer. Dit is aannemelijk aangezien er geen enkel verschil is in bijvoorbeeld de eisen die aan beide vluchtcategoryën worden gesteld. In het verleden werden de niet-geregelde vluchten vaak uitgevoerd door operators afkomstig uit landen met een vrij lage veiligheidscultuur en matig toezicht door de lokale overheid waardoor deze aanname vaak niet correct was. Met de invoering van de EU 'Black list' in 2005, vliegen dit soort operators niet meer naar EU luchthavens. De verwachting is dan ook dat een significant verschil tussen de ongevalkansen van geregelde en niet-geregelde vluchten op regionale velden niet meer aanwezig is vanaf 2005.

De aanname dat er geen significant verschil is tussen externe veiligheid van geregeld en niet-geregeld vliegverkeer kan worden aangetoond door de geschatte ongevalkansen van het regulier vliegverkeer met die van het niet-geregelde verkeer statistisch te vergelijken. Uit analyses van het NLR is gebleken dat het aandeel geregelde vluchten op regionale velden in Europa ongeveer 83% bedraagt van al het commerciële vliegverkeer met zware vliegtuigen³³. Met het totaal aantal geregelde vliegtuigbewegingen bepaald met behulp van de Time Table database kan het aantal vliegtuigbewegingen van het niet-geregelde commerciële verkeer dan eenvoudig worden geschat. Het totaal aantal externe veiligheidsongevallen voor de periode 2005-2019 op regionale velden is gelijk aan 41 en 10 voor respectievelijk geregelde en niet-geregelde vluchten (alle vliegtuiggeneraties, passagiers- en vrachtluchten, start en landing tezamen). Het is niet bekend wat de onderlinge verdeling in vliegtuigbewegingen van passagiers- en vrachtluchten en vliegtuig generatie is van de niet-geregelde vluchten op de geselecteerde regionale luchthavens. Een verdere onderverdeling van kansen naar passagiers- en vrachtluchten, en of generatie is daardoor niet mogelijk voor niet-geregelde vluchten. Een vergelijking van de ongevalkansen tussen geregelde en niet-geregelde vluchten kan daarom alleen op basis van de totale dataset.

Figuur 5-1 laat een vergelijking zien tussen de geschatte ongevalkansen van alle ongevaltypen tezamen (per vliegtuigbeweging³⁴) van geregelde vluchten en niet-geregelde vluchten op de regionale vliegvelden uit de selectie. De

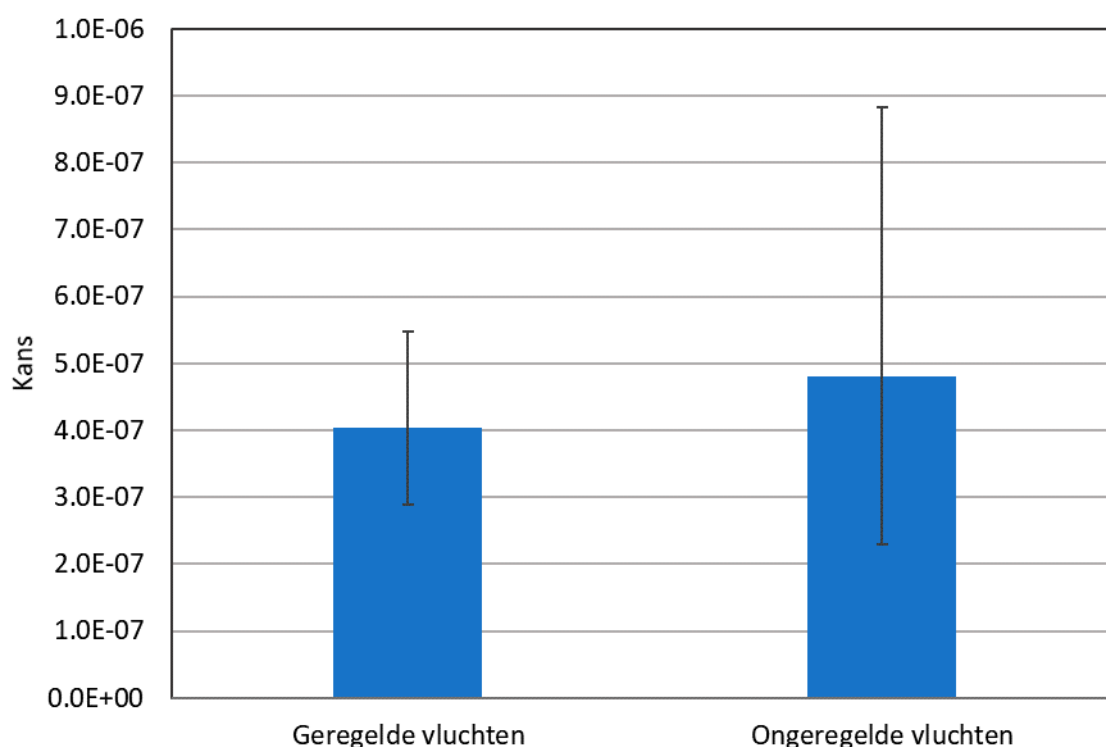
Geneesk. 1989;133:2013-5 en <https://doi.org/10.1111/trf.13635>). Dit geeft wat meer informatie over de variabiliteit en laat beter zien wat de invloed is van de grootte van de dataset. Wanneer de betrouwbaarheidsintervallen van twee geschatte kansen elkaar ruim overlappen is er geen sprake van een statistisch significant verschil. Wanneer er duidelijk geen overlap is in de intervallen, is er een verschil. Alleen wanneer er een kleine overlap is of de uiteinden van de intervallen liggen dicht bij elkaar, dient er een statistische toets uitgevoerd te worden om de p waarde uit te rekenen. Hiervoor kan bijvoorbeeld de Fisher exact test worden gebruikt.

³² NLR maakt ook gebruik van 'recursive Bayesian characterization of the joint conditional probability density function' om trends in ongevalkansen te analyseren.

³³ Zie voetnoot 5.

³⁴ Ongevallen tijdens de start en landingsfase zijn hier voor de vergelijking samengevoegd. De kans is dan per vliegtuigbeweging. Dit representeert de totale kans voor een extern veiligheidsongeval rondom een luchthaven. Dit is niet hetzelfde als de som van de ongevalkansen voor de start en landing. Voor externe veiligheidsberekeningen wordt er overigens wel onderscheid gemaakt tussen beide vliegfasen aangezien de ongevalslocatiemodellen van elkaar verschillen. Het gaat hier om een vergelijking van het algehele vliegveiligheidsniveau tussen geregelde en niet-geregelde vluchten. Dit niveau wordt hoeft niet beïnvloed te worden door de vluchtfase of ongevaltype. Bovendien worden de datasets dan erg klein als er ook per vluchtfase of ongevaltype wordt gekeken naar verschillen.

onderlinge vergelijking van de 95%-betrouwbaarheidsintervallen laat zien dat er geen statistisch significant verschil is tussen de ongevalkansen voor geregelde en niet-geregelde vluchten. De Fisher exact test bevestigt deze conclusie ($p=0.58$). Er kan daarom worden geconcludeerd dat er geen verschil wordt verwacht tussen de ongevalkansen voor geregelde en niet-geregelde vluchten op regionale luchthavens. De ongevalkansen geschat voor regulier zwaar vliegverkeer zouden daarom ook voor het niet-geregelde vliegverkeer voor externe veiligheidsberekeningen kunnen worden gebruikt. Deze conclusie geldt in principe alleen voor alle vliegtuiggeneraties en operatie types (passagier- of vrachtlucht) tezamen omdat de onderlinge statistische vergelijking hierop is uitgevoerd. Er wordt vooralsnog aangenomen dat dit ook geldt tussen de verschillende vliegtuiggeneraties van geregeld en niet-geregeld verkeer en voor passagiers en vrachtluchten van geregeld en niet-geregeld verkeer.



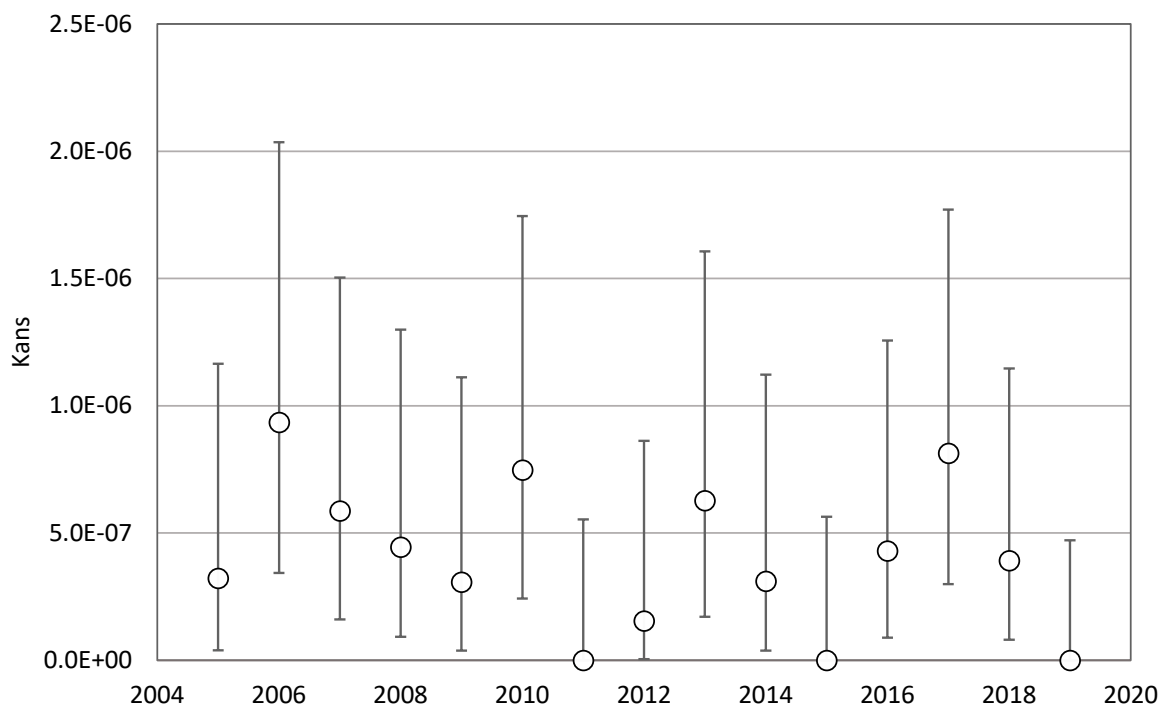
Figuur 5-1: Vergelijking ongevalkansen tussen geregelde en niet-geregelde vluchten op regionale vliegvelden, zwaar commercieel vliegverkeer, alle generaties en ongevalstypes tezamen

5.2.1.2 Trendanalyse geregeld passagiers- en vrachtverkeer

Om te zien of er in de gekozen periode 2005-2019 geen significante trends aanwezig zijn in de ongevalkansen, zijn de geschatte ongevalkansen per jaar geanalyseerd³⁵. In Figuur 5-2 zijn de ongevalkansen geplott samen met de 95%-betrouwbaarheidsintervallen. De figuur laat zien dat de betrouwbaarheidsintervallen van de opeenvolgende jaren elkaar overlappen. Dit geeft aan dat onderlinge jaren niet statistisch significant van elkaar verschillen. Ook jaren met hogere ongevalkansen zijn niet verschillend van jaren met hele lage kansen. Hieruit kan geconcludeerd worden dat er geen trend in de ongevalkansen bestaat voor de periode 2005-2019. Dat betekent dat de dataset als geheel kan worden gebruikt. Op grotere schaal is er vaak wel een kleine trend waarneembaar in de data. Wereldwijd is er bijvoorbeeld gemiddeld een verbetering in de orde van 2-4% in de ongevalkansen per jaar. De kleinere dataset die hier is

³⁵ In navolging van commentaar van de contraexperts zijn er analyses gemaakt waarbij jaren bij elkaar zijn genomen voor een trend analyse. Dit gaf geen andere inzichten dan de trendanalyse gedaan per jaar.

gebruikt en het feit dat er alleen naar bepaalde ongevallen wordt gekeken die relevant zijn voor externe veiligheid maken het veel lastiger om zulke vergelijkbare trends te vinden in de data.



Figuur 5-2: Ongevalkans verloop van geregeld passagiers- en vrachtverkeer voor de periode 2005-2019

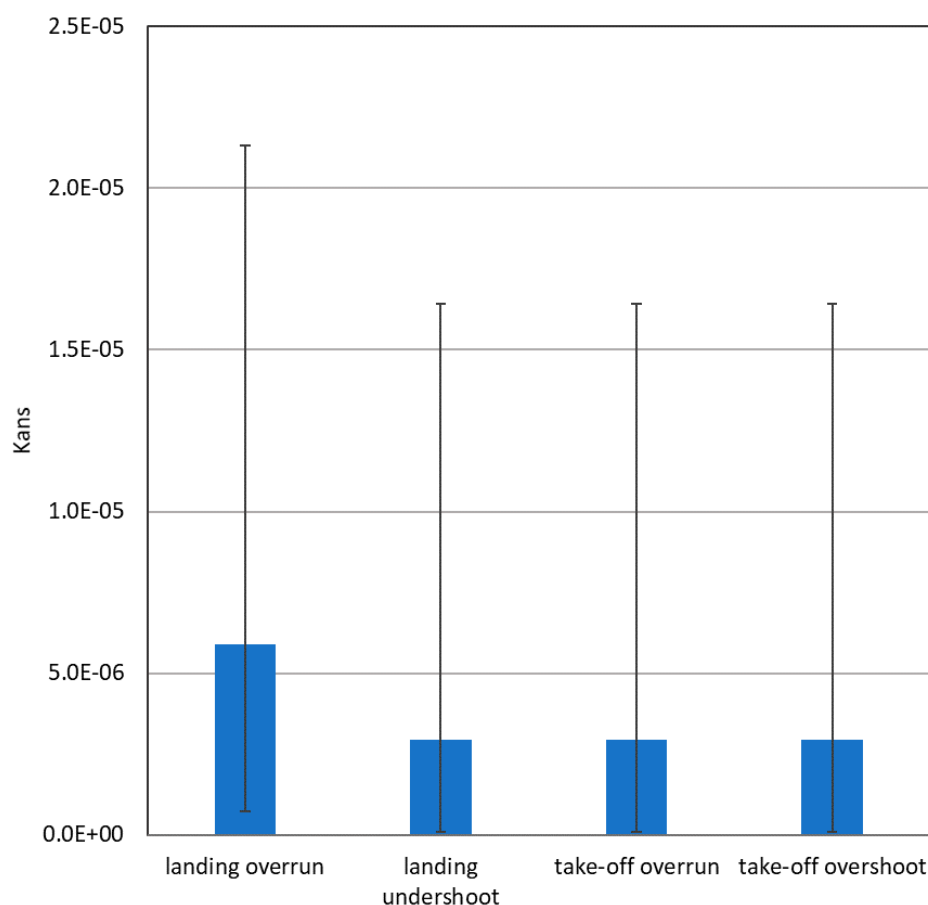
5.2.1.3 Herziene ongevalkansen passagiers- en vrachtverkeer

In deze paragraaf zal op basis van de verzamelde data ongevalkansen voor het commerciële vliegverkeer worden geschat. Er zijn daarbij verschillende opdelingen mogelijk zoals in passagiers- en vrachtluchten en in generatie vliegtuigtype. Een aantal van deze opdelingen zal nader worden geanalyseerd.

Allereerst zijn ongevalkansen voor het geregeld vrachtverkeer en het geregeld passagiersverkeer geschat voor de periode 2005-2019 zonder een opdeling te maken in vlieggeneratie. Dit geeft een algemeen beeld van de verhoudingen in ongevalkansen van passagiers- en vrachtenverkeer. De resultaten zijn gegeven in Tabel 5-1 en Tabel 5-2 voor alle vliegtuig generaties tezamen. De resultaten zijn ook weergegeven in Figuur 5-3 en Figuur 5-4. Uit Tabel 5-1 blijkt dat de geschatte ongevalkansen voor het vrachtverkeer afgeleid zijn met een relatieve kleine set aan gegevens (ongevallen en vluchten). De betrouwbaarheidsintervallen zijn hierdoor relatief groot. De geschatte ongevalkansen zijn in de orde van 10^{-6} , maar de bovengrenzen van de kansen zijn allen in de orde van 10^{-5} en de ondergrenzen in de orde van 10^{-7} en 10^{-8} . De ongevalkansen voor het passagiersverkeer zijn geschat met een veel grotere dataset wat tot uiting komt in kleinere en meer symmetrische betrouwbaarheidsintervallen. Landing overrun ongevalkans is de grootste van de vier ongevalstypen. Ongevalkansen van start-ongevallen (overshoot of overrun) zijn het kleinst. Dit komt overeen met het algemene beeld dat de kans op een ongeval met een vliegtuig het grootst is tijdens de landingsfase.

Tabel 5-1: Overzicht geschatte ongevalkansen per categorie voor het geregelde vrachtverkeer (2005-2019) – alle generaties

Categorie	Aantal ongevallen	Vluchten ³⁶	95% ondergrens (10 ⁻⁶)	Ongevalkans (10 ⁻⁶)	95% bovengrens (10 ⁻⁶)
Landing-Overrun	2	339.076	0,71	5,90	21,3
Landing-Undershoot	1	339.076	0,07	2,95	16,4
Start-Overrun	1	339.076	0,07	2,95	16,4
Start-Overshoot	1	339.076	0,07	2,95	16,4



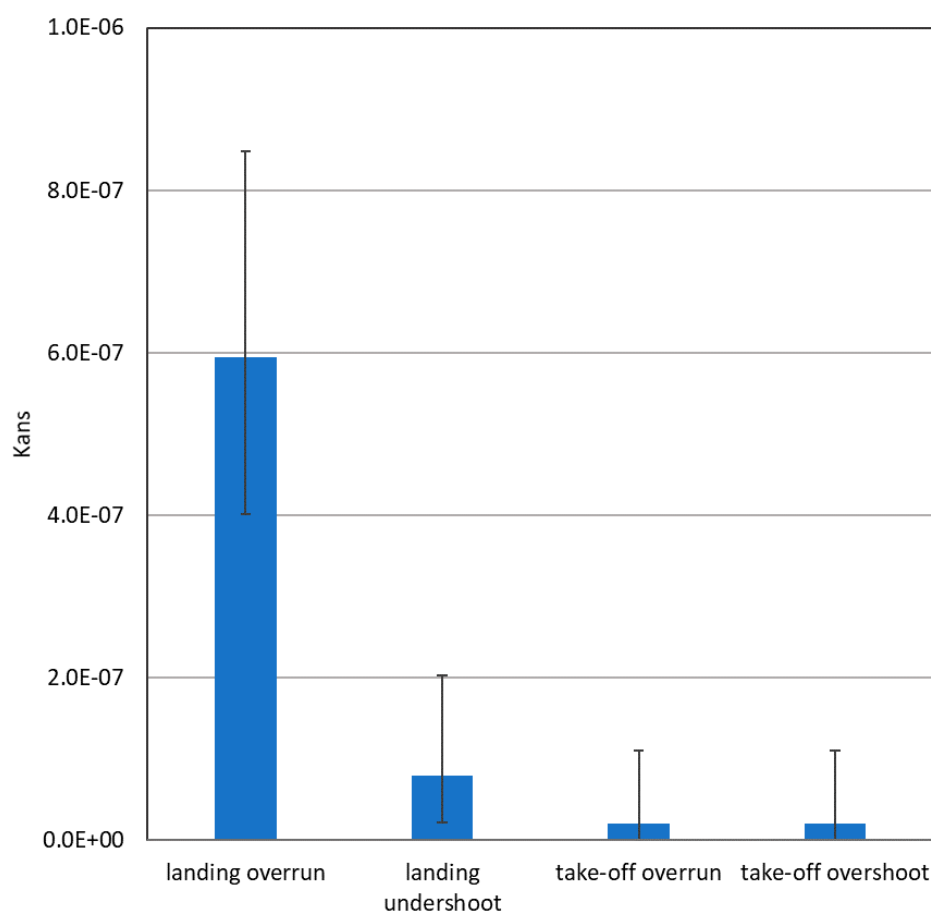
Figuur 5-3: Ongevalkansen per type ongeval voor vrachtverkeer (geregeld verkeer; periode 2005-2019) – alle generaties

³⁶ Eén vlucht bestaat uit één start vanaf de vertrekluchthaven, de kruisfase, en één landing op de aankomstluchthaven. De geschatte ongevalkansen per EV ongevaltype is uitgedrukt in aantal ongevallen per vlucht: dus voor startongevaltypen per start en voor landingsongevaltypen per landing. Een go-around (doorstart) zou formeel bij het aantal starts moeten worden gevoegd. Echter het totaal aantal uitgevoerde go-arounds is niet bekend maar is normaal wel gemiddeld klein (rond de 0,09% van het aantal landingen) en kan sterk variëren per luchthaven. De Time Table data bevat per definitie geen informatie over het aantal uitgevoerde go-arounds. Aangezien het exacte aantal go-arounds niet bekend is, wordt er voor het schatten van de ongevalkansen per start niet gecorrigeerd voor het aantal uitgevoerde go-arounds. De geschatte kansen voor de start fase zijn daarom iets conservatief. Dit geldt ook voor de landingsfase aangezien vrijwel alle vliegtuigen die een go-around maken weer opnieuw gaan landen. Deze aanpak is consistent met eerdere studies.

Tabel 5-2: Overzicht geschatte ongevalkansen per categorie voor het geregelde passagiersverkeer (2005-2019) – alle generaties

Categorie	Aantal ongevallen	Vluchten	95% ondergrens (10^{-6})	Ongevalkans (10^{-6})	95% bovengrens (10^{-6})
Landing-Overrun	30	50.491.493	0,40	0,59	0,85
Landing-Undershoot	4	50.491.493	0,02	0,08	0,20
Start-Overrun	1	50.491.493	*0,00	0,02	0,11
Start-Overshoot	1	50.491.493	*0,00	0,02	0,11

*) waarde kleiner dan 10^{-9} .



Figuur 5-4: Ongevalkansen per type ongeval voor passagiersverkeer (geregeld verkeer; periode 2005-2019) – alle generaties

Het aantal geregelde vluchten dat is uitgevoerd met generatie 1 en 2 vliegtuigen in de periode 2005-2019 is zeer gering. Zoals uit Tabel 4-4 blijkt is het aandeel van het verkeer met generatie 1 en 2 vliegtuigen slechts 1,6% van het totale vliegverkeer. In 2019 was dit aandeel gedaald naar minder dan 0,7%. Gezien het feit dat er steeds minder gevlogen wordt met deze generatie vliegtuigen op Nederlandse (en ook Europese) regionale luchthavens, ligt de focus in deze studie meer op het schatten van nieuwe ongevalkansen voor generatie 3 vliegtuigen. Het aantal geïdentificeerde ongevallen met generatie 1 en 2 vliegtuigen in combinatie met het geringe aantal vliegtuigbewegingen zou bovendien resulteren in zeer onnauwkeurige, hoge ongevalkansen die geen enkele betekenis hebben en tot verkeerde conclusies zouden kunnen leiden.

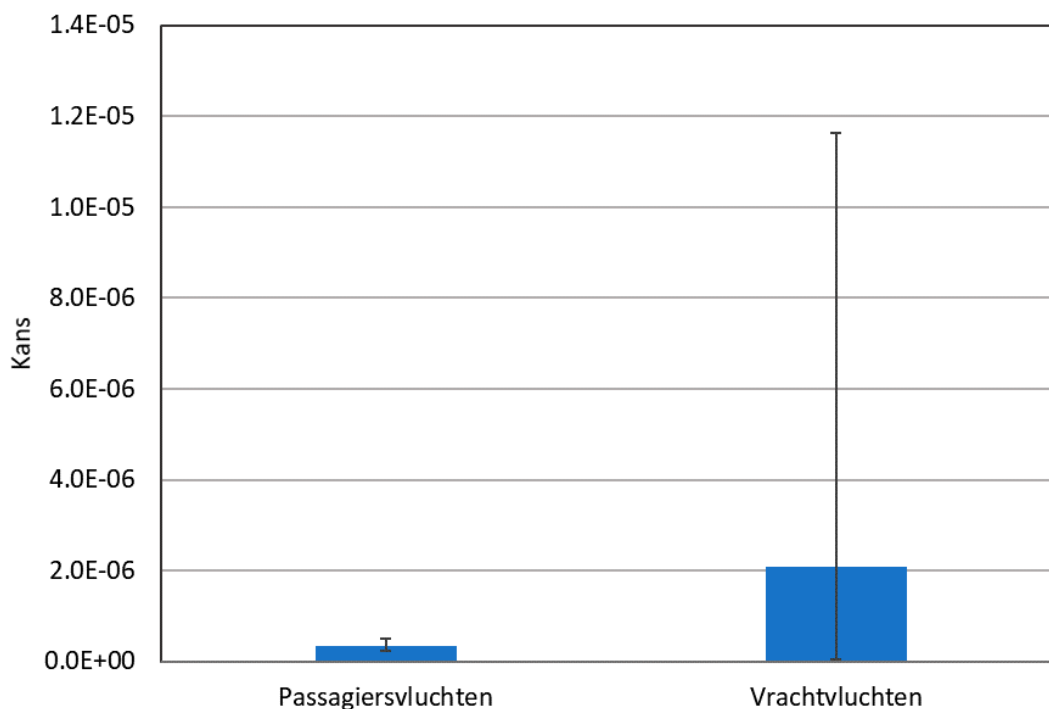
Binnen de generatie 3 vliegtuigen kunnen passagiers en vrachtluchten worden onderscheiden. In het verleden zijn statistisch significante verschillen gevonden tussen de ongevalkansen van passagiers- en vrachtluchten op regionale vliegvelden in Europa. Er zijn diverse redenen voor deze verschillen maar de vliegveiligheidsstandaard van de luchtvaartmaatschappij heeft zeker een zeer grote invloed gehad. Die kunnen vaak aanmerkelijk lager liggen voor operators uit landen met bijvoorbeeld een slecht toezicht door de overheid en een lage veiligheidscultuur binnen de organisatie. Sinds 2005 kunnen operators uit dit soort landen niet zomaar naar de EU vliegen. Luchtvaartmaatschappijen die niet aan de geldende (vlieg)veiligheidseisen voldoen krijgen een exploitatieverbod opgelegd door de EU waardoor deze niet meer naar EU landen kunnen komen. Wanneer een luchtvaartmaatschappij een exploitatieverbod opgelegd heeft gekregen, dienen stappen te worden genomen om de maatschappij te helpen de tekortkomingen die aan het verbod ten grondslag liggen ongedaan te maken. Deze maatregelen op EU niveau hebben ervoor gezorgd dat onveilige luchtvaartmaatschappijen vrijwel niet meer naar EU grondgebied kunnen vliegen. Het zou daarom niet vreemd zijn als er om deze rede geen statistisch significant verschil meer zou zijn tussen de ongevalkansen van passagiers- en vrachtluchten op regionale velden wat betreft generatie-3 vliegtuigen.

Tabel 5-3 en Figuur 5-5 laten een vergelijking zien van ongevalkansen van geregelde passagiers- en vrachtluchten generatie 3 vliegtuigen voor de periode 2005-2019 (kans per vliegtuigbeweging)³⁷. Hoewel de puntschattingen sterk van elkaar afwijken, kan op basis van de 95%-betrouwbaarheidsintervallen wel worden geconcludeerd dat er geen statistisch significant verschil is. Dit wordt verder bevestigd door de *p*-waarde van 0,16 volgens de Fisher exact test. Dit betekent dat de ongevalkansen voor passagiers- en vrachtluchten voor externe veiligheidsberekeningen als gelijk kunnen worden verondersteld en dat beide datasets samengevoegd kunnen worden. In de hieruit uitgevoerde vergelijking is er niet naar het verschil in de kansen per ongevaltype gekeken. Een rede hiervoor is dat er slechts 1 ongeval is geweest met geregeld vrachtverkeer waardoor een dergelijke opdeling lastig is om statistisch goed te analyseren. Echter er zijn geen hele sterke argumenten te bedenken waarom vrachtluchten met generatie-3 vliegtuigen afwijkende ongevalkansen per ongevaltype zouden hebben als die van passagiersvluchten. Er zijn namelijk geen verschillen in de veiligheidssystemen tussen een passagiers- en een vrachtvliegtuig van hetzelfde type. Beide vliegtuigen worden volgens exact dezelfde standaarden gecertificeerd. Een verschil kan alleen veroorzaakt worden door mindere kwaliteit van de training van de bemanning, matig onderhoud, slecht toezicht vanuit het land waar de operator registreert is en of een slechte veiligheidscultuur. Zoals eerder aangeven zijn deze laatste verschillen er niet of nauwelijks meer mede door invoering van de EU blacklist en de introductie van veiligheidsmanagement systemen bij vrachtoperators. Ook de druk van verzekeringsmaatschappijen heeft ertoe geleid dat vrachtoperators meer zijn gaan investeren in de verbetering van de vliegveiligheid (bijvoorbeeld meer aandacht van rapportering van incidenten en het analyseren van vluchtgegevens).

Tabel 5-3: Overzicht geschatte ongevalkansen passagiersvluchten en vrachtluchten voor generatie-3 vliegtuigen (2005-2019) – geregeld verkeer

Categorie	Aantal ongevallen	Vliegtuigbewegingen	95% ondergrens (10 ⁻⁶)	Ongevalkans (10 ⁻⁶)	95% bovengrens (10 ⁻⁶)
Passagiersvluchten	35	99.557.770	0,24	0,35	0,49
Vrachtluchten	1	479.242	0,05	2,09	11,6

³⁷ Het gaat hier om een vergelijking van het algehele vliegveiligheidsniveau tussen passagiersvluchten en vrachtluchten. Dit niveau wordt hoeft niet beïnvloed te worden door de vluchtfase of ongevaltype. Bovendien worden de datasets dan erg klein als er ook per vluchtfase of ongevaltype wordt gekeken naar verschillen.



Figuur 5-5: Vergelijking ongevalkans passagiers- en vrachtluchten voor generatie 3 vliegtuigen (geregeld verkeer, 2005-2019)

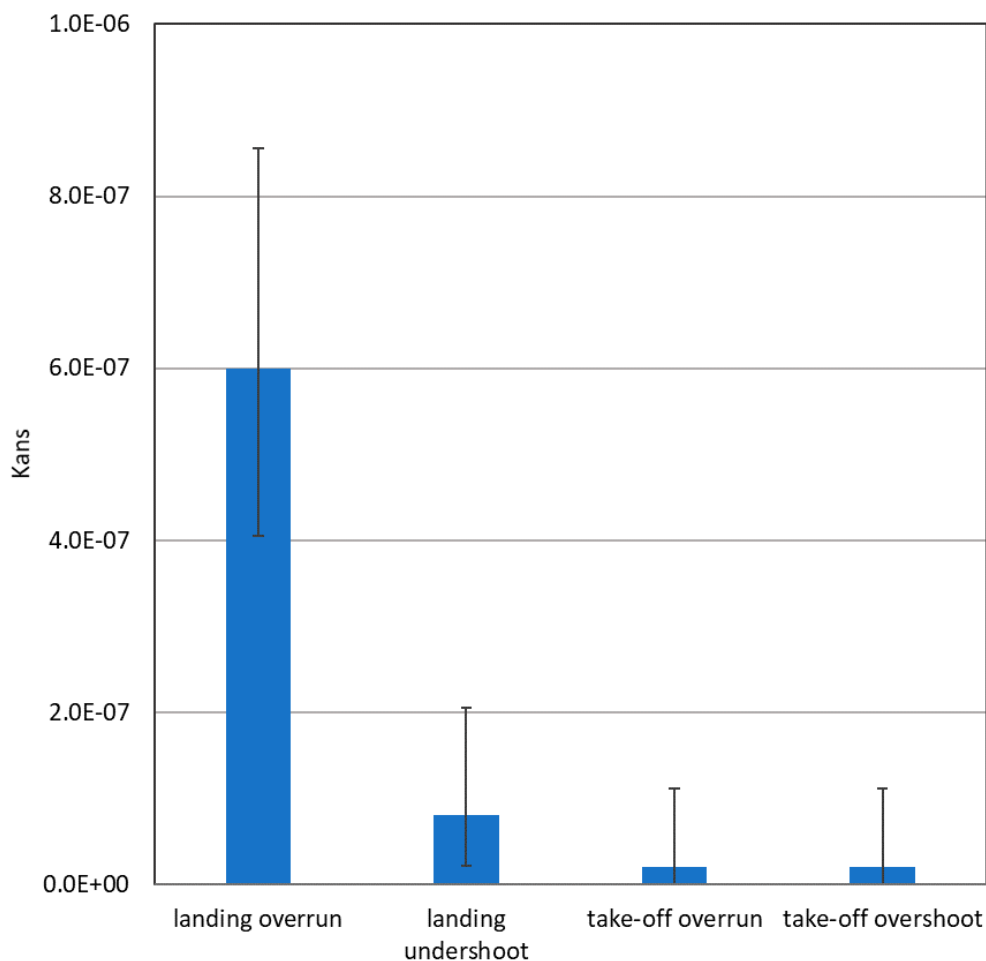
De herziene ongevalkansen voor generatie-3 vliegtuigen van geregeld passagiers- en vrachtverkeer zijn weergegeven in Tabel 5-4. De resultaten zijn ook weergegeven in Figuur 5-6. Opgemerkt wordt dat het aantal ongevallen in Tabel 5-4 (35 pax met gen-3 en 1 cargo met gen-3 vliegtuigen) door toeval gelijk is aan dat van Tabel 5-2 (35 pax met gen-3 en 1 pax met gen-2 vliegtuigen). Aangezien de vluchtaantallen hoofdzakelijk door passagiersverkeer met generatie-3 vliegtuigen worden gegenereerd zijn de getoonde waarden voor de ongevalkansen van beide tabellen bijna identiek.

Tabel 5-4: Overzicht geschatte ongevalkansen per type ongeval voor het Generatie-3 verkeer (2005-2019) – geregeld passagiers- en vrachtverkeer

Categorie	Aantal ongevallen	Vluchten ³⁸	95% ondergrens (10 ⁻⁶)	Ongevalkans (10 ⁻⁶)	95% bovengrens (10 ⁻⁶)
Landing-Overrun	30	50.018.506	0,41	0,60	0,86
Landing-Undershoot	4	50.018.506	0,02	0,08	0,21
Start-Overrun	1	50.018.506	*0,00	0,02	0,11
Start-Overshoot	1	50.018.506	*0,00	0,02	0,11

*) waarde kleiner dan 10⁻⁹.

³⁸ Eén vlucht bestaat uit één start vanaf de vertrekvluchthaven, de kruisfase, en één landing op de aankomstvluchthaven. De geschatte ongevalkans per EV ongevaltype is uitgedrukt in aantal ongevallen per vlucht: dus voor startongevaltypen per start en voor landingsongevaltypen per landing. Zie ook voetnoot 36.



Figuur 5-6: Ongevalkansen per type ongeval voor passagiers- en vrachtverkeer met generatie-3 vliegtuigen (geregeld verkeer; periode 2005-2019)

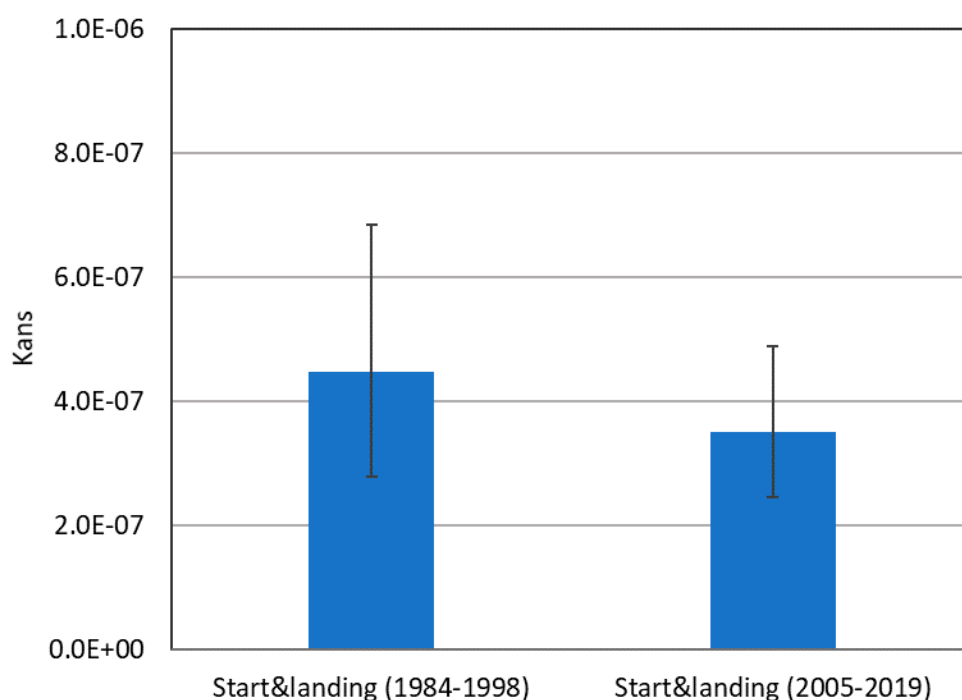
5.2.1.4 Vergelijking met eerdere schattingen

De ongevalkansen geschat in de huidige studie kunnen worden vergeleken met eerdere schattingen gerapporteerd in referentie 2. Wel moet er opgemerkt worden dat, naast het verschil in de periodes, de luchthavenselectie en de bron van onderliggende vliegtuigbewegingen gebruikt in de huidige studie niet exact dezelfde zijn als die in eerdere studies. De vergelijking wordt gebruikt om een indruk te krijgen van de ontwikkeling van de ongevalkansen in de periode 2005-2009 ten opzichte van eerdere periodes.

Er wordt alleen gekeken naar de ongevalkansen van het (geregeld) passagiersverkeer van generatie-3 vliegtuigen. Een vergelijking met het vrachtverkeer en het passagiersverkeer met generatie-1 en -2 vliegtuigen, is vanwege het beperkt aantal ongevallen en vliegtuigbewegingen, niet zinvol.

Figuur 5-7 geeft de geschatte ongevalkansen weer samen met de betrouwbaarheidsintervallen voor het passagiersverkeer met generatie-3 vliegtuigen. In deze figuur is te zien dat ongevalkans voor periode 2005-2019 kleiner is dan de periode 1984-1998. Wel overlappen de 95%-betrouwbaarheidsintervallen van de twee periodes elkaar. Dit duidt erop dat de ongevalkans van het passagiersverkeer met generatie-3 vliegtuigen van eerdere periode statistisch niet verschilt van die van recentere periode voor het gekozen significantieniveau.

Statistisch gezien lijkt dus dat de kans bepaald met de dataset van 1984-1998 niet verschilt van die voor de dataset van 2005-2019. Toch zijn de ongevalkansen van beide periodes wezenlijk anders gezien de volgende aspecten. Allereerst heeft de EU blacklist vanaf 2005 de onveilige operators geweerd uit de operatie binnen het EU gebied. Daardoor is het karakter van vluchtoperatie alsmede het veiligheidsniveau van de eerdere periode minder representatief voor de huidige situatie dan de recentere periode. Verder is, doordat de luchthavenselectie en de bronnen voor vliegtuigbewegingsdata niet exact dezelfde zijn, de basis van dataset voor beide periodes anders. Ook de mate van implementatie van veiligheidsmanagementsystemen was veel lager in 1984-1998. Tenslotte kunnen bepaalde technologische veiligheidshulpmiddelen zijn ingevoerd of verbeterd (denk hierbij aan TAWS en TCAS). Dit alles heeft geresulteerd in de keuze om de periodes 1984-1998 en 2005-2019 niet samen te voegen.



Figuur 5-7: Ongevalkansen van start- en landingsongevallen voor passagiersverkeer (geregeld) met generatie-3 vliegtuigen voor verschillende periodes

5.2.1.5 Vergelijking derde-generatie en vierde generatie

Een onderdeel van de studie is om te kijken of het mogelijk is om generatie-4 vliegtuigen te introduceren in de set herziene ongevalkansen. Zoals eerder vermeld, worden in de oorspronkelijk modellering de generatie-4 vliegtuigen behandeld als generatie-3 vliegtuigen. De vliegtuigfabrikant Airbus hanteert als definitie voor generatie-4 vliegtuigen typen uitgerust met een volledig 'fly-by-wire'-systeem inclusief volledige of gedeeltelijke 'Flight Envelope Protection'. Wereldwijde data bestudeerd door Airbus laten een duidelijk statistisch verschil zien in de ongevalkansen ('hull loss')³⁹ tussen generatie-3 en generatie-4 vliegtuigen. Dit geldt ook voor de kans op een fataal vliegtuigongeval.

Er is hier een analyse uitgevoerd om te kijken of er een verschil is in de externe veiligheid ongevalkansen van generatie-3 en generatie -4 vliegtuigen op regionale velden waardoor een verdere opsplitsing mogelijk zou zijn.

³⁹ Ongeval waarbij het vliegtuig verzekeringstechnisch total loss is verklaard.

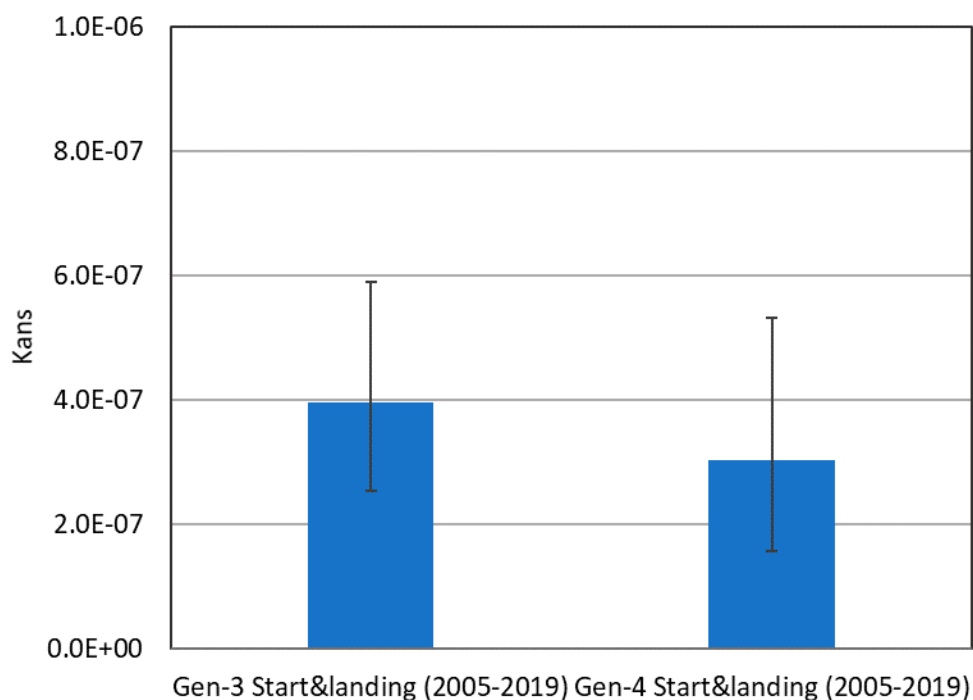
Hiervoor is een set generatie-4 vliegtuigen, die eigenlijk een subset is van de oorspronkelijke generatie-3 vliegtuigen, gemaakt aan de hand van de definitie van Airbus. De thans verkregen set generatie-3 vliegtuigen is dus een kleinere set dan die in eerdere paragrafen is beschouwd.

Figuur 5-8 geeft de geschatte ongevalkansen weer samen met de betrouwbaarheidsintervallen voor de nieuwe indeling generatie-3 en generatie-4 vliegtuigen. Uit deze figuur is te zien dat ongevalkansen voor de generatie-4 vliegtuigen kleiner is dan de generatie-3 vliegtuigen voor de beschouwde periode 2005-2019. Wel overlappen de 95%-betrouwbaarheidsintervallen van de twee generaties elkaar. Dit betekent dat de ongevalkansen van generatie-4 vliegtuigen statistisch niet verschilt van de generatie-3 vliegtuigen voor het gekozen significantieniveau. Dit is in tegenstelling tot wereldwijde data (geanalyseerd door Airbus) waarin wel een duidelijk significant verschil is te vinden voor tenminste 'hull loss' en fatale ongevallen. De afwezigheid van een significant verschil kan te wijten zijn aan de beperkte omvang van de dataset die alleen voor regionale velden is geanalyseerd. Ook omvat de wereldwijde data geanalyseerd door Airbus uitsluitend vliegtuigen aangedreven door straalmotoren. Propeller vliegtuigen zijn niet beschouwd terwijl deze in de huidige studie wel meegenomen worden.

Vanwege het niet statistisch significante verschil en ook door het ontbreken van voldoende ongevallen voor ieder ongevalstype, is er nu geen goede mogelijkheid om al onderscheid te maken tussen generatie-3 en generatie-4 vliegtuigen voor wat betreft de ongevalkansen voor regionale luchthavens. Er kan niet worden uitgesloten dat in de toekomst dit verschil wel beter zichtbaar gaat worden in de data. Zeker als het aandeel generatie-4 vliegtuigen op de regionale luchthavens gaat toenemen. Dit hangt mede samen in hoeverre de B737MAX de eerdere varianten B737NG en de B737CL gaat vervangen⁴⁰. Alle drie zijn van de derde generatie terwijl een direct concurrerend model van de B737MAX, de A320NEO familie, wel van de vierde generatie is alsmede eerdere versies van de A320 familie vliegtuigen. Een deel van de B737NG/CL vloot zou door Airbus A320NEO vliegtuigen kunnen worden vervangen. De mate van vervanging van de B737NG/CL door de B737MAX is mede door de problemen met de B737MAX en de huidige Covid-19 crisis onduidelijk.

Het aandeel generatie-4 vliegtuigen in de vliegtuigbewegingen op Nederlandse regionale luchthavens was circa 23% in 2019. Het maken van een onderscheid tussen generatie-3 en -4 vliegtuigen is daarom ook nog niet heel belangrijk. Echter zodra dit aandeel flink oploopt kan het externe veiligheidsrisico enigszins worden overschat. Daar tegenover staat wel het feit dat de huidige dataset gebruikt om de kansen te schatten voor het commercieel vliegverkeer een hoger aandeel generatie-4 vliegtuigen kent (39% voor de periode 2005-2019). Echter het verschil in ongevalkansen tussen generatie-3 en -4 vliegtuigen zoals weergegeven in Figuur 5-8 is niet dusdanig groot dat dit een te optimistische schatting van het extern veiligheidsrisico zou opleveren voor de operaties op Nederlandse regionale luchthavens gegeven het huidige aandeel generatie-3 en -4 vliegtuigen op deze luchthavens. Op termijn zal het noodzakelijk zijn om onderscheid te maken tussen generatie-3 en -4 vliegtuigen wanneer er externe veiligheidsberekeningen worden uitgevoerd rondom luchthavens.

⁴⁰ In Europa waren er in 2019 bijna 2.000 B737NG en B737CL in gebruik ten opzichte van 2.700 Airbus A318/A319/A320/A321 (inclusief NEOs). Europese operators hebben ten tijde van het opstellen van dit rapport meer dan 720 B737Max en 336 A320NEO familie vliegtuigen in bestelling staan die in de komende jaren geleverd moeten gaan worden (Bron: ASCEND). Vanaf maart 2019 was het luchtwaardigheidsbewijs van de B737MAX ingetrokken. Circa 64 B737MAX vliegtuigen waren toen in gebruik of zouden geleverd worden (in 2019) aan Europese operators.



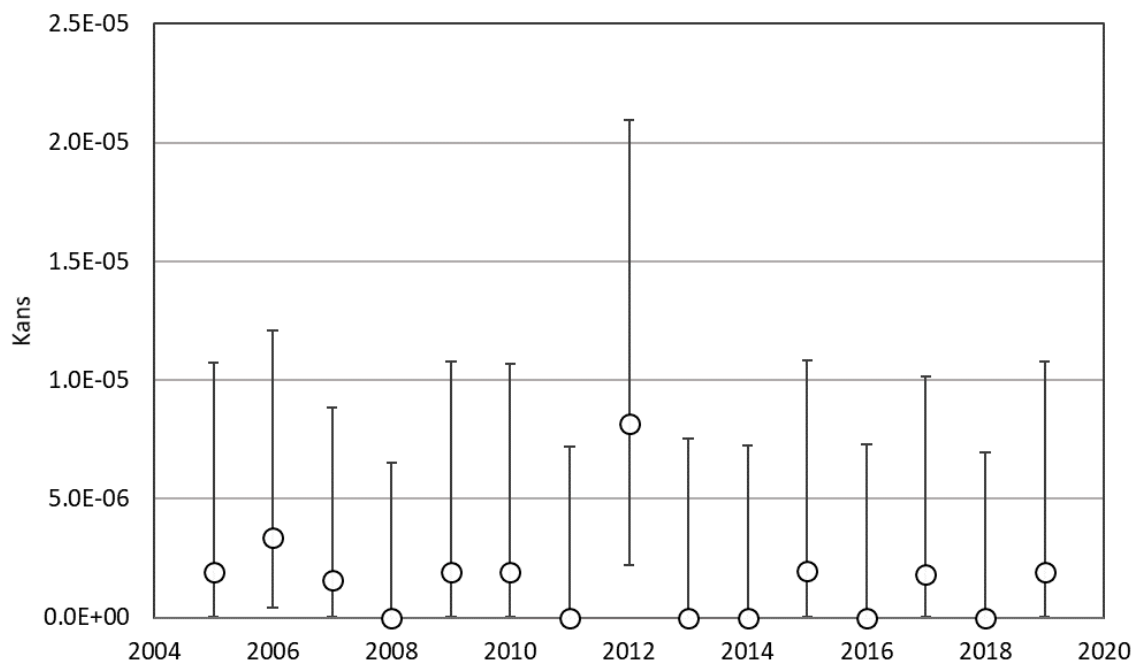
Figuur 5-8: Ongevalkansen van start- en landingsongevallen voor (geregeld) vliegverkeer op regionale luchthavens met generatie-3 en generatie-4 vliegtuigen (geregeld verkeer)

5.2.2 Zakenjet-verkeer (Business Jet)

5.2.2.1 Trend analyse zakenjet-verkeer

Een trend analyse is hier gedaan om te zien of er in de periode 2005-2019 geen significante trends aanwezig zijn in de ongevalkansen. In Figuur 5-9 zijn de ongevalkansen per jaar geplot samen met de 95%-betrouwbaarheidsintervallen⁴¹. Uit de figuur blijkt dat de betrouwbaarheidsintervallen van de opeenvolgende jaren elkaar overlappen wat aangeeft dat onderlinge jaren niet statistisch significant van elkaar verschillen. Ook het jaar 2012 met een hogere ongevalkans is niet verschillend van jaren met hele lage kansen. Er kan geconcludeerd worden dat er geen trend in de ongevalkans is in de periode 2005-2019. Dat betekent dat de dataset als geheel kan worden gebruikt.

⁴¹ In navolging van commentaar van de contraexperts zijn er analyses gemaakt waarbij jaren bij elkaar zijn genomen voor een trend analyse. Dit gaf geen andere inzichten dan de trendanalyse gedaan per jaar.



Figuur 5-9: Ongevalkans verloop van zakenjet verkeer voor de periode 2005 en 2019

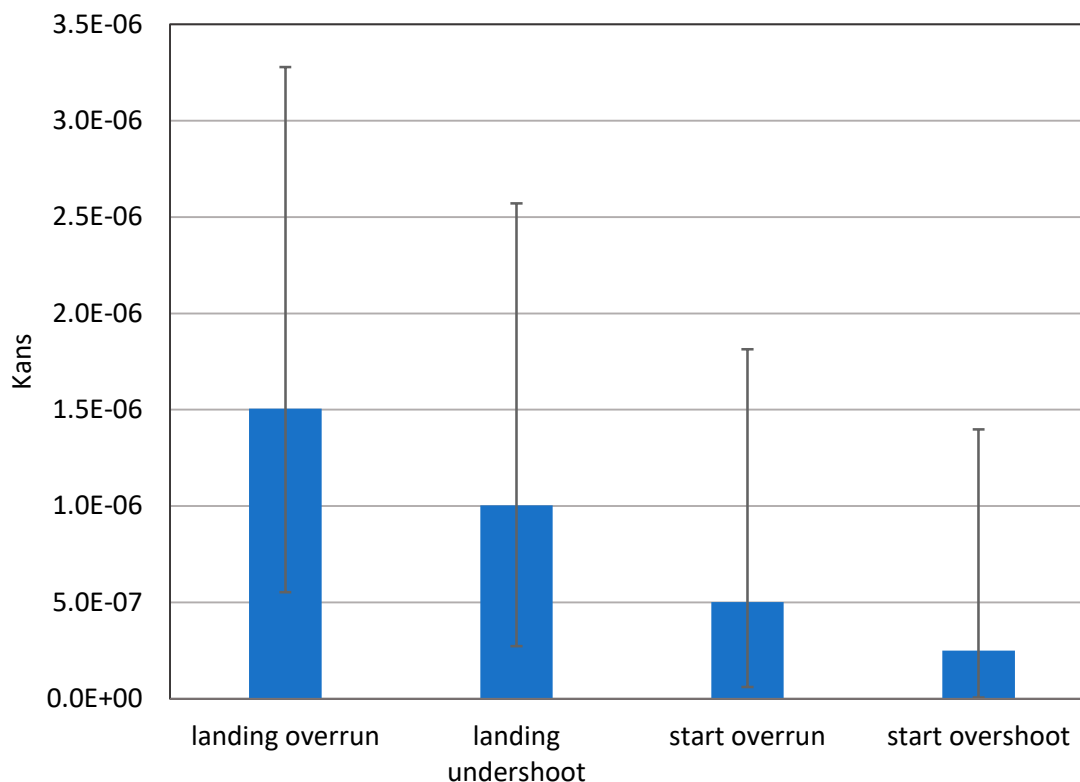
5.2.2.2 Herziene ongevalkansen zakenjet-verkeer

De resultaten van de herziene ongevalkansen voor het zakenjet-verkeer voor de periode 2005-2019 zijn gegeven in Tabel 5-5. In Figuur 5-10 zijn de ongevalkansen per ongevalstype weergegeven samen met de betrouwbaarheidsintervallen. De ongevalkansen voor de start-ongevallen (overshoot of overrun) met zakenjet-vliegtuigen zijn kleiner dan die van de landingsongevallen. Net als bij passagiers- en vrachtverkeer is de ongevalkans van Landing Overrun het grootst.

Tabel 5-5: Overzicht geschatte ongevalkansen per categorie voor het zakenjet verkeer (2005-2019)

Categorie	Aantal ongevallen	Vluchten ⁴²	95% ondergrens (10 ⁻⁶)	Ongevalkans (10 ⁻⁶)	95% bovengrens (10 ⁻⁶)
Landing-Overrun	6	3.984.756	0,55	1,51	3,28
Landing-Undershoot	4	3.984.756	0,27	1,00	2,57
Start-Overrun	2	3.984.756	0,06	0,50	1,81
Start-Overshoot	1	3.984.756	0,01	0,25	1,40

⁴² Eén vlucht bestaat uit één start vanaf de vertrekvluchthaven, de kruisfase, en één landing op de aankomstvluchthaven. De geschatte ongevalkans per EV ongevaltype is uitgedrukt in aantal ongevallen per vlucht: dus voor startongevaltypen per start en voor landingsongevaltypen per landing. Zie ook voetnoot 36.



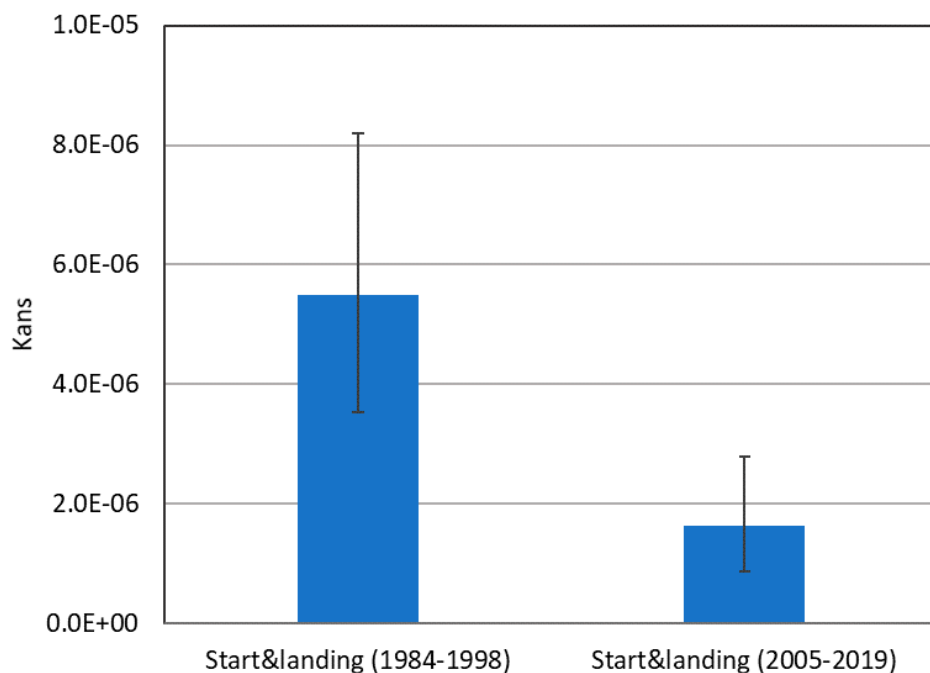
Figuur 5-10: Ongevalkansen per type ongeval voor zakenjetverkeer (periode 2005-2019)

5.2.2.3 Vergelijking met eerdere schattingen

De ongevalkansen geschat in de huidige studie kunnen worden vergeleken met eerdere schattingen gerapporteerd in referentie 2. Wel moet er opgemerkt worden dat, naast het verschil in de periodes, de luchthavenselectie en de bron van onderliggende vliegtuigbewegingen gebruikt in de huidige studie niet exact dezelfde zijn als die in eerdere studies. De vergelijking wordt gebruikt om een indruk te krijgen van de ontwikkeling van de ongevalkansen in de periode 2005-2019 ten opzichte van eerdere periodes.

Figuur 5-16 laat de geschatte ongevalkansen voor de verschillende periodes zien. In deze figuur is te zien dat de ongevalkans voor de periode 2005-2019 kleiner is dan de schatting voor de periode 1984-1998. Bovendien overlappen de betrouwbaarheidsintervallen van de twee periodes elkaar niet wat aanduidt dat de kansen voor de periodes 1984-1998 en 2005-2019 significant verschillend zijn van elkaar. Een Fisher-test bevestigt deze conclusie ($p \approx 0,00$).

Het gevonden verschil in ongevalkansen tussen de periodes 1984-1998 en 2005-2019 is waarschijnlijk het gevolg van de modernisering van de vloot zakenjet-vliegtuigen en de introductie van veiligheidsmanagementsystemen bij de gebruikers van deze vliegtuigen. Ook zijn er meer bedrijven gekomen zoals NetJets Europe die een gedeeltelijk eigenaarschap aanbieden. Dit soort bedrijven opereren met een redelijke grote vloot van zakenjet-vliegtuigen en kunnen daarom effectiever gebruikmaken van vluchtdata analyses om snel vliegveiligheidsissues te identificeren.



Figuur 5-11: Ongevalkansen van start- en landingsongevallen voor zakenjet-verkeer voor verschillende periodes

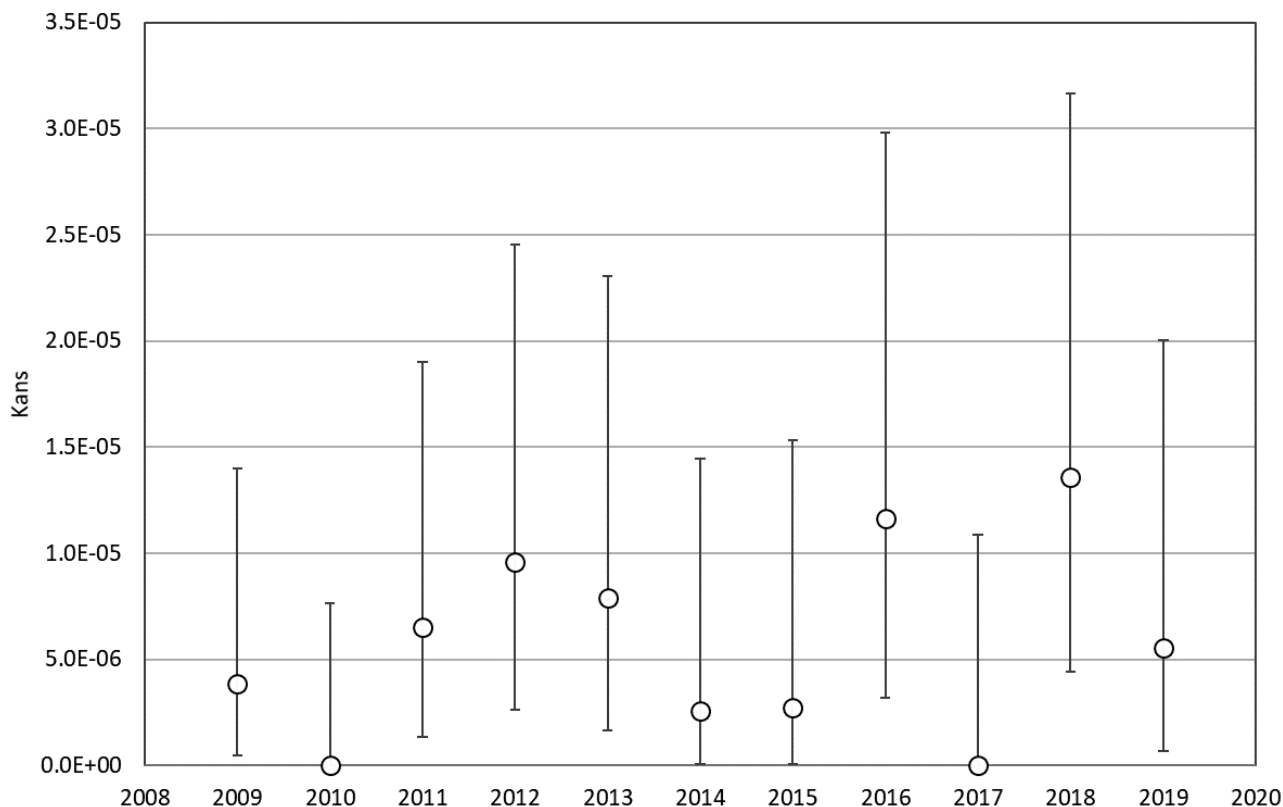
5.3 EV-ongevalkansen licht verkeer

5.3.1 Trendanalyse voor de periode 2009-2019

Om te zien of er in de periode 2009-2019 geen significante trends aanwezig zijn in de ongevalkansen, zijn de geschatte ongevalkansen per jaar geanalyseerd⁴³. In Figuur 5-12 zijn deze kansen geplott samen met de 95%-betrouwbaarheidsintervallen⁴⁴. Het is duidelijk te zien dat de betrouwbaarheidsintervallen van de opeenvolgende jaren elkaar ruimschoot overlappen wat aangeeft dat onderlinge jaren van elkaar niet statistisch significant verschillen. Ook jaren met hogere kansen zijn niet verschillend van jaren met hele lage kansen. Er kan geconcludeerd worden dat er geen trend in de ongevalkans is voor de periode 2009-2019. Dat betekent dat de data set als geheel kan worden gebruikt.

⁴³ In navolging van commentaar van de contraexperts zijn er analyses gemaakt waarbij jaren bij elkaar zijn genomen voor een trend analyse. Dit gaf geen andere inzichten dan de trendanalyse gedaan per jaar.

⁴⁴ Kans is hier per vliegtuigbeweging weergegeven aangezien de ongevallen tijdens de start en landing zijn samengevoegd in deze figuur. Vliegtuigbewegingen zijn de som van de starts en landingen op een vliegveld. Er zijn nagenoeg even veel starts als landingen in de som van de vliegtuigbewegingen.



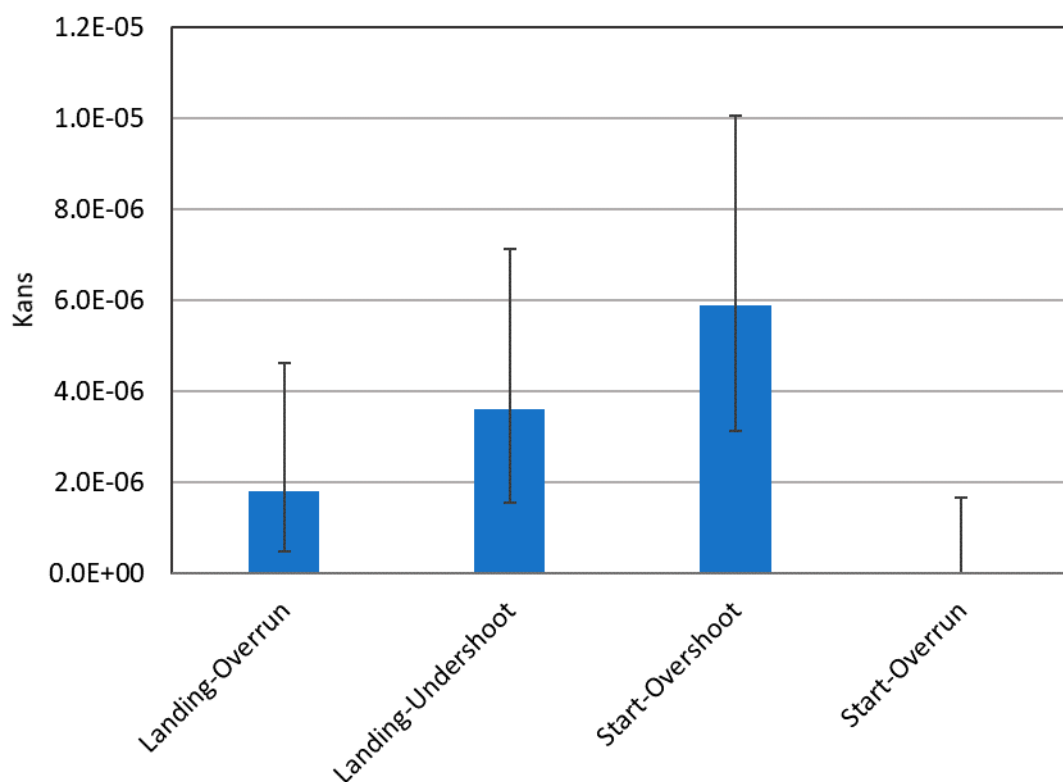
Figuur 5-12: Ongevalkans verloop van licht verkeer in de periode 2009 en 2019

5.3.2 Geschatte ongevalkansen voor de periode 2009-2019

De geschatte ongevalkansen op basis van de dataset 2009-2019 zijn in Tabel 5-6 gepresenteerd. De resultaten zijn ook weergegeven in Figuur 5-13. Er zijn geen overruns gevonden voor de start vluchtfase. Dit wil niet zeggen dat de kans op een overrun tijdens de start nul is. Het kan zijn dat de kans erg klein is en dat de dataset niet groot genoeg is om zulke ongevallen te vinden. Er dient te worden opgemerkt dat het externe veiligheidsmodel voor lichte vliegtuigen gebruik gemaakt van één verdelingsfunctie voor de combinatie van overshoots en overruns voor de start. Dus ook de overshoots en overruns tijdens de start worden dan samengevoegd voor de puntschatting van de kans in dit model. Dit zal later verder besproken worden.

Tabel 5-6: Overzicht geschatte ongevalkans per type voor lichtverkeer (2009-2019)

Categorie	Aantal ongevallen	Vluchten ⁴⁵	95% ondergrens (10 ⁻⁶)	Ongevalkans (10 ⁻⁶)	95% bovengrens (10 ⁻⁶)
Landing-Overrun	4	2.209.956	0,49	1,81	4,63
Landing-Undershoot	8	2.209.956	1,56	3,62	7,13
Start-Overshoot	13	2.209.956	3,13	5,88	10,10
Start-Overrun	0	2.209.956	0,00	0,00	1,67



Figuur 5-13: Overzicht geschatte ongevalkans per type voor lichtverkeer (2009-2019)

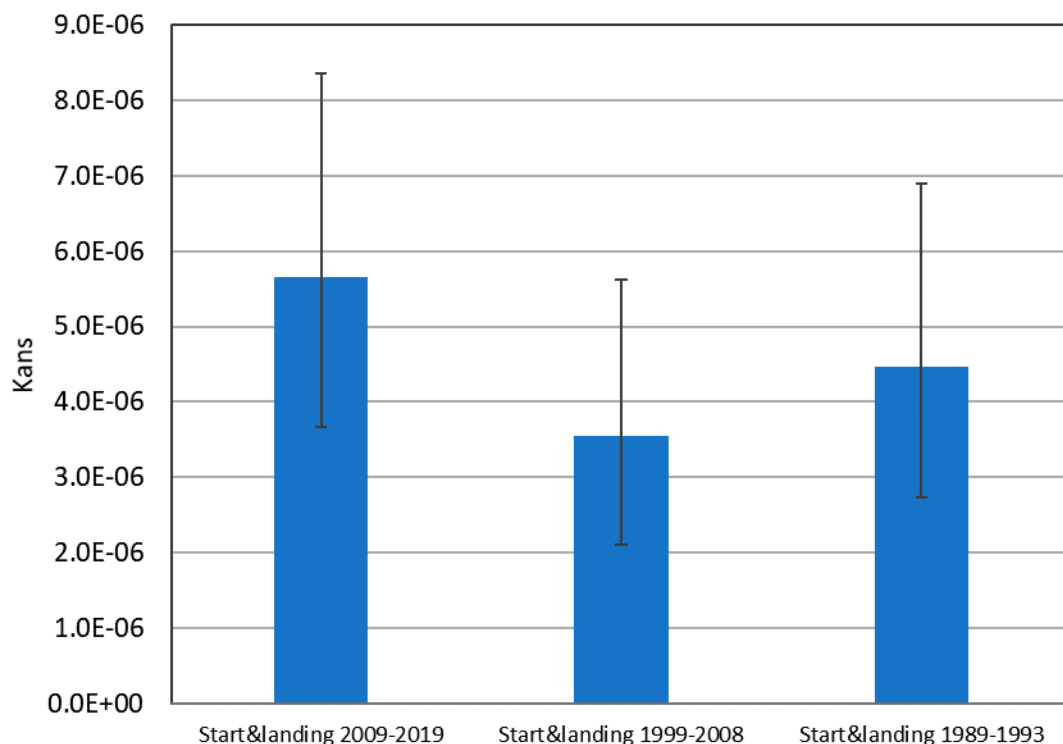
5.3.3 Vergelijking met eerdere schattingen

De ongevalkans geschat in de huidige studie kunnen worden vergeleken met eerdere resultaten gerapporteerd in Ref. [2, 4]. De selectiecriteria in deze andere studies zijn hetzelfde en alleen de beschouwde periodes zijn verschillend. De periode 1989-1993 gebruikt in referentie 2 wordt minder relevant geacht voor het lichte vliegverkeer van de afgelopen 20-25 jaar. Er wordt bijvoorbeeld meer gevlogen met modernere lichte vliegtuigen dan in de periode voor 1994. Op basis van vliegtuig register gegevens is bepaald dat circa 50% van de vloot uit moderne lichte vliegtuigen

⁴⁵ Eén vlucht bestaat uit één start vanaf de vertrekluchthaven, de kruisfase, en één landing op de aankomstluchthaven. De geschatte ongevalkans per EV ongevaltype is uitgedrukt in aantal ongevallen per vlucht: dus voor startongevaltypen per start en voor landingsongevaltypen per landing. Lichte vliegtuigen worden veel gebruikt als lesvliegtuig. De touch-and-go manoeuvre wordt veel gedaan met lesvliegtuigen. Touch-and-go's worden uitgevoerd als onderdeel van trainingsvluchten waarbij de vlieger-leerling veel landingen en starts achterelkaar oefent. Een 'touch-and-go' wordt gerekend als 1 landing en 1 start. Een touch-and-go is niet hetzelfde als een go-around (doorstart). Tijdens een go-around breekt de vlieger de landing af omdat bijvoorbeeld de landingsbaan niet vrij is of omdat het te lastig is om te landen vanwege de wind. Daarbij raakt het vliegtuig meestal niet de landingsbaan in tegenstelling tot een touch-and-go met uitzondering van een balked landing. De door de luchthavens gerapporteerde vliegtuigbewegingen bevatten zowel touch-and-go en go-around bewegingen.

bestond in de periode 1999-2019 terwijl deze voor 1994 een aandeel hadden van minder dan 25%. Resultaten voor de periode 1989-1993 zullen alleen ter illustratie worden gebruikt. De periode 1999-2008 die gebruikt is in referentie 4 is wel meer vergelijkbaar qua vlootsamenstelling met de periode 2009-2019. Om de dataset te vergroten en daarmee een betrouwbaardere puntschatting van de ongevalkansen te krijgen, kan het wenselijk zijn om de data van de periodes 1999-2008 en 2009-2019 samen te voegen.

Figuur 5-14 laat de geschatte ongevalkansen⁴⁶ voor de verschillende periodes zien. Op basis van de overlap van betrouwbaarheidsintervallen kan gesteld worden dat de periodes 1999-2008 en 2009-2019 niet significant verschillend zijn van elkaar wat betreft de kans op een externe veiligheid gerelateerd ongeval. Voor het wel of niet samenvoegen van beide periodes is dat overigens niet heel relevant. Het gaat erom dat de periodes qua vlootsamenstelling en operaties vergelijkbaar zijn. Dit biedt dan de mogelijkheid om beide datasets samen te voegen zodat er een betrouwbaardere puntschatting gemaakt kan worden van de ongevalkansen. Dit wordt verder uitgewerkt in sectie 5.3.4. De ongevalkans voor de periode 1989-1993 verschilt niet met die van 1999-2008 en 2009-2019. De vlootsamenstelling is echter niet vergelijkbaar met die van de andere periodes waardoor het mogelijk samenvoegen van de data uit deze periode met latere periodes hier niet verder beschouwd is.



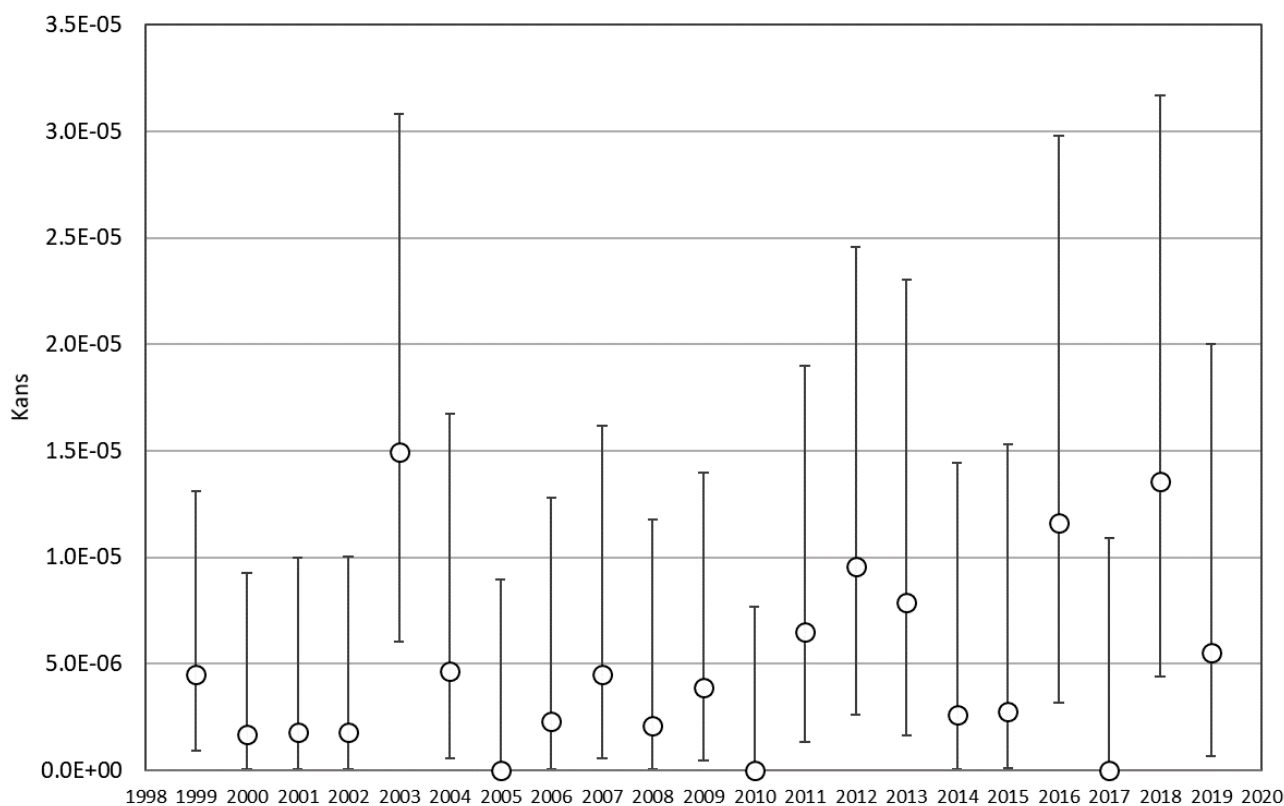
Figuur 5-14: Ongevalkansen lichtverkeer van start- en landingsongevallen voor verschillende periodes

⁴⁶ Ongevallen tijdens de start en landingsfase zijn voor de vergelijking samengevoegd. De kans is per vliegtuigbeweging.

5.3.4 Geschatte ongevalkansen voor de periode 1999-2019

Aangezien de kansen die geschat worden heel klein zijn, is vergroting van de dataset gunstig voor een meer betrouwbare schatting van de kansen. In sectie 5.3.3 is al besproken om de data voor de periodes 1999-2008 en 2009-2019 bij elkaar te voegen. Deze samenvoeging van datasets kan alleen als de periodes onderling qua samenstelling van bijvoorbeeld type vliegtuigen, operaties en regelgeving redelijk met elkaar vergelijkbaar zijn. In dit geval is dat het geval waardoor er geen bezwaar is om de periodes samen te voegen. In de oorspronkelijke selectie in referentie 4 was één ongeval niet beschouwd⁴⁷. Nadere bestudering van nieuwe gegevens laat zien dat dit ongeval wel voldoet aan de selectie criteria. Deze is daarom nu wel toegevoegd aan de dataset voor 1999-2019.

Om te zien of er in de gekozen periode 1999-2019 geen significante trends aanwezig zijn in de ongevalkansen, zijn de geschatte ongevalkansen per jaar geanalyseerd. Er is al in sectie 5.3.1 een trend analyse gedaan voor de periode 2009-2019 waaruit bleek dat een trend niet aanwezig was. Nu zal eenzelfde analyse worden uitgevoerd met de toevoeging van de periode 1999-2008. Daarbij is het van belang dat er binnen deze periode geen significante trends zijn. De geschatte kansen per jaar zijn in Figuur 5-15 geplott samen met de 95%-betrouwbaarheidsintervallen⁴⁸. Het is duidelijk te zien dat de betrouwbaarheidsintervallen van de opeenvolgende jaren elkaar ruimschoot overlappen wat aangeeft dat onderlinge jaren van elkaar niet statistisch significant verschillen. Ook jaren met hogere kansen zijn niet verschillend van jaren met hele lage kansen. Er kan ook geconcludeerd worden dat er geen trend in de ongevalkansen is voor de periode 1999-2008 en 1999-2019 als geheel. De periodes 1999-2008 en 2009-2019 sluiten goed op elkaar aan. Dit alles betekent dat de dataset als één geheel kan worden gebruikt voor het schatten van ongevalkansen.



Figuur 5-15: Ongevalkansen verloop van licht verkeer in de periode 1999 en 2019

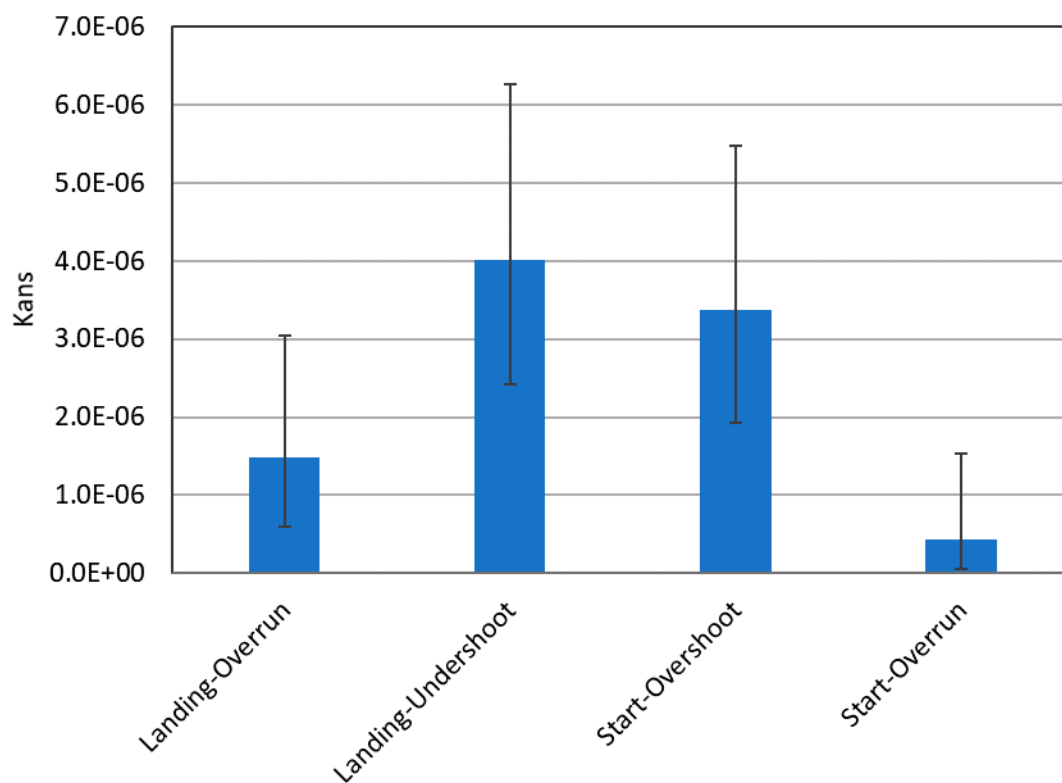
⁴⁷ Ongeval met de PH-YOO, op 24-07-2008.

⁴⁸ Ongevallen tijdens de start en landingsfase zijn hier voor de vergelijking samengevoegd. De kans is dan per vliegtuigbeweging.

De ongevalkansen per categorie die zijn geschat op basis van de dataset 1999-2019, zijn gepresenteerd in Tabel 5-7. De resultaten zijn ook weergegeven in Figuur 5-16. De vergroting van de dataset heeft een duidelijk 'positieve' invloed op de grootte en symmetrie van de 95%-betrouwbaarheidsintervallen in vergelijking tot Figuur 5-13. Deze worden kleiner en meer symmetrisch wat een indicatie is dat de puntschatting betrouwbaarder is.

Tabel 5-7: Overzicht geschatte ongevalkansen per type voor lichtverkeer (periode 1999-2019)

Categorie	Aantal ongevallen	Vluchten ⁴⁹	95% ondergrens (10 ⁻⁶)	Ongevalkans (10 ⁻⁶)	95% bovengrens (10 ⁻⁶)
Landing-Overrun	7	4.736.895	0,59	1,48	3,04
Landing-Undershoot	19	4.736.895	2,41	4,01	6,26
Start-Overshoot	16	4.736.895	1,93	3,38	5,49
Start-Overrun	2	4.736.895	0,05	0,42	1,53



Figuur 5-16: Overzicht geschatte ongevalkansen per categorie voor lichtverkeer (periode 1999-2019)

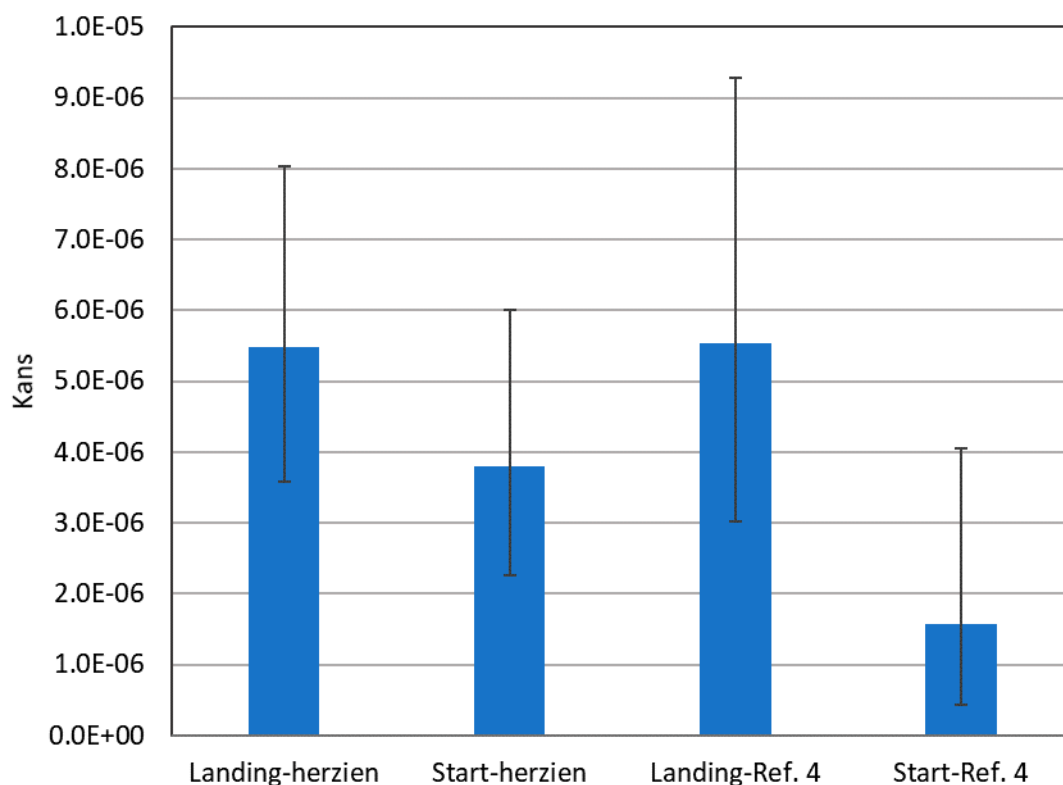
⁴⁹ Zie voetnoot 45.

5.3.5 Herziene ongevalkansen licht verkeer

Overeenkomstig de opbouw van het externe veiligheidsmodel voor licht verkeer moet er één waarde voor de start en één waarde voor de landing bepaald worden als een totale kans per vluchtfase zonder verdere onderverdeling naar ongevalstype (overrun of under-/overshoot) en evenmin naar gewichtsklasse. De herziene ongevalkansen die zijn geschat op basis van de dataset 1999-2019 zijn in Tabel 5-8 gepresenteerd. Deze herziene ongevalkansen zijn in Figuur 5-17 vergeleken met waarden die in referentie 4 zijn bepaald. Daarbij moet wel worden opgemerkt dat de herziene kansen deels geschat zijn met de data die in referentie 4 zijn gebruikt. De herziene ongevalkansen moeten feitelijk worden gezien als een betere schatting dan die van referentie 4. De vergroting van de dataset heeft namelijk een 'positieve' invloed op de grootte en symmetrie van de 95%-betrouwbaarheidsintervallen. Deze worden kleiner en meer symmetrisch wat een indicatie is dat de puntschatting betrouwbaarder is.

Tabel 5-8: Herziene ongevalkansen licht verkeer (1999-2019)

Vluchtfase	Aantal ongevallen	Vluchten	95% ondergrens (10^{-6})	Ongevalkans (10^{-6})	95% bovengrens (10^{-6})
Landing	26	4.736.895	3,59	5,49	8,04
Start	18	4.736.895	2,25	3,80	6,01



Figuur 5-17: Vergelijking herziene ongevalkansen licht verkeer met referentie 4

Zoals gezegd worden de gepresenteerde herziene ongevalkansen toegepast in het regionale-veldenmodel met één waarde voor de start en één waarde voor de landing. Bij de ongevalkansen van licht verkeer wordt geen onderscheid gemaakt tussen overrun en undershoot in de landing of in de start. Om in het model de risicobijdragen van

verschillende ongevalstypen toch in rekening te kunnen brengen wordt voor de landing een weefactor⁵⁰ toegepast op de verschillende verdelingsfuncties voor landing undershoot en landing overrun. Deze factor is bepaald als de verhouding tussen het aantal undershoot ongevallen en het totale aantal ongevallen in de landing (was gelijk aan 0,7857, zie referentie 4). De eenvoudigste manier om de differentiatie in landing undershoot en overrun ongevalkans in de berekeningen te introduceren is door bij gebruik van de herziene (totale) landing ongevalkans van $5,49 \times 10^{-6}$ de weefactor te wijzigen van 0,7857 in 0,7308 ($= 19/(19+7)$)⁵¹. Voor het risico in de start hoeft geen weefactor te worden toegepast omdat het externe veiligheidsmodel voor lichte vliegtuigen gebruik maakt van één verdelingsfunctie voor de combinatie van overshoots en overruns voor de start.

Actualisering weefactor

In de bijlage 2 van Regeling burgerluchthavens, paragraaf 3.4.4.(vergelijkingsnummer 38) staat een weefactor vermeld: γ (gamma). Deze gamma-factor is gedefinieerd als de “Weefactor in de sommatie van het baanafhankelijke en routeafhankelijke deel van de verdeling van de kansdichtheid voor landend licht verkeer”. De waarde van deze weefactor zoals nu opgenomen in de Regeling is 0,7857.

De weefactor in de voorgaande actualisering van ongevalkans voor het lichte verkeer is afgeleid met behulp van de landingsongevallen van dat type verkeer (zie NLR-CR-2010-606). De factor is een direct gevolg van de verhouding (ratio) van landing undershoot en totaal aantal landingsongevallen (landing overruns én landing undershoots) ongevallen. Dat betekent dat de waarde 0,7857 model-technisch gezien alleen toegepast kan worden bij de vorige set landingsongevallen.

Als de waarde van deze weefactor niet wordt geactualiseerd terwijl de ongevalkans voor het lichte verkeer wel worden herzien, kan het leiden tot onjuiste resultaten van externe veiligheidsrisicoberekening voor het lichte verkeer.

5.3.6 Invloed elektrisch aangedreven lichte vliegtuigen

Er zijn wereldwijd een aantal ongevallen geweest met elektrisch aangedreven lichte vliegtuigen waarvan de meeste niet direct veroorzaakt werden door problemen met de elektrische voortstuwing of gerelateerde systemen zoals de batterijen. Het aandeel van elektrisch aangedreven lichte vliegtuigen in het totaal aantal vliegoperaties is op dit moment nog zeer beperkt en nog van geen betekenis zowel wereldwijd als in Nederland. Toch is er in Nederland al één ongeval geweest met een elektrisch aangedreven vliegtuig (de Pipistrel Alpha Electro), nabij vliegveld Stadskanaal (2018). Dit ongeval gebeurde tijdens de nadering en was niet gerelateerd aan het type voortstuwing. Het ongeval werd veroorzaakt door een te lage vliegsnelheid, dicht bij de overtreksnelheid. Dit leidde tot een overtrek, gevolgd door een beginnende spin (tolvlucht), waar het vliegtuig niet uit herstelde. In de huidige studie is dit ongeval overigens niet meegenomen aangezien het vliegveld Stadskanaal niet bij de geselecteerde luchthavens zit.

In de toekomst zullen er meer elektrisch aangedreven lichte vliegtuigen gebruikt gaan worden (ook in Nederland). Vooral nog is het niet duidelijk welk veiligheidsniveau dit soort vliegtuigen gaan halen. Naar verwachting zal dat niet veel verschillen van de huidige zuigermotor aangedreven vliegtuigen. Electromotoren zijn vaak betrouwbaarder en minder storingsgevoelig dan zuigermotoren die meer complexe bewegende delen hebben. Het kan daarom zo zijn dat het aantal ongevallen als gevolg van motorstoringen omlaag gaat. Er zijn echter ook nieuwe risico's zoals het spontaan ontbranden van de batterijen.

⁵⁰ Zie Regeling burgerluchthavens.

⁵¹ Er waren 19 undershoots en 7 overruns tijdens de landing in de periode 1999-2019.

Het bereik van de huidige generatie elektrisch aangedreven lichte vliegtuigen is heel beperkt en het opladen van de batterijen moet vaak met een laadstation van de vliegtuigfabrikant worden gedaan die niet op elke luchthaven aanwezig zal zijn. De operaties met elektrisch aangedreven lichte vliegtuigen zullen zich daarom in eerste instantie beperken tot circuit-trainingen. Lange overland vluchten zijn nu nauwelijks uitvoerbaar met deze vliegtuigen. Er zijn nog geen speciale certificatie eisen voor elektrisch aangedreven vliegtuigen. Het eerste gecertificeerde elektrische lichte vliegtuig is de Pipistrel Virus SW 121/128. In 2020 is dit vliegtuig gecertificeerd volgens de EASA standaard 'Light Sport Aeroplanes CS-LSA' met speciale condities voor de elektromotor en de batterijen. Naarmate er meer ervaring wordt opgedaan met elektrische vliegtuigen zullen de certificatie eisen waarschijnlijk worden aangepast wat een positieve invloed zal hebben op de vliegveiligheid.

De hier geschatte ongevalkansen voor lichte zuigermotor aangedreven vliegtuigen kunnen in eerste instantie gebruikt worden voor elektrisch aangedreven vliegtuigen. Het zal enige jaren gaan duren voordat er voldoende data beschikbaar zijn om aparte ongevalkansen voor elektrisch aangedreven lichte vliegtuigen te kunnen schatten.

6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 Conclusies

Voor de overige burgerluchthavens zijn de ongevalkansen herzien. De ongevalkansen zijn opnieuw geschat met gegevens – ongevallen en vluchtaantallen – van recentere periodes. Voor het zware vliegverkeer is de periode 2005-2019 gehanteerd. Voor het lichte vliegverkeer is de periode 1999-2019 beschouwd door de samenvoeging van data uit een eerdere studie. De gegevens van het zware vliegverkeer zijn samengesteld uit de selectie van 372 met de Nederlandse regionale luchthavens vergelijkbare Europese luchthavens gelegen in EASA-lidstaten. De gegevens van het lichte vliegverkeer zijn gebaseerd op Nederlandse regionale luchthavens en kleine velden.

Het aandeel zware vliegtuigen van generatie-1 en 2 in de dataset voor periode 2005-2019 was te klein om een betrouwbare schatting te maken van de ongevalkansen en is daarom niet uitgevoerd. De al gepubliceerde ongevalkansen voor deze vliegtuigen in de Regeling Burgerluchthavens kunnen nog worden gebruikt. Bovendien is het aandeel generatie-1 en -2 vliegtuigen op regionale luchthavens in Nederland zeer klein geworden en nauwelijks relevant meer voor externe veiligheid.

De resultaten laten zien dat voor zware generatie-3 vliegtuigen er geen statistisch significant verschil is te vinden tussen de ongevalkansen van passagiers- en vrachtluchten. Dit is in tegenstelling tot bevindingen in eerdere studies. Dit wordt naar allerwaarschijnlijkheid veroorzaakt door bijvoorbeeld de introductie van de zwarte lijst van onveilige operators door de EU in 2005 en door verdere introductie van veiligheidsmanagementsystemen bij vrachtoperators.

Het verder opsplitsen van de dataset met zware generatie-3 vliegtuigen naar een nieuwe zware generatie-4 laat nog geen statistisch significant verschil zien in ongevalkansen voor beide generatie vliegtuigen. Dit kan komen doordat er nog onvoldoende data beschikbaar zijn om statistisch significante verschillen te identificeren op regionale luchthavens. Wereldwijde data laten namelijk wel een duidelijk statistisch verschil zien in de ongevalkans ('hull loss' en fataal)⁵² tussen generatie-3 en -4 vliegtuigen. Ook zijn er nu onvoldoende ongevallen met generatie-4 vliegtuigen. Het aandeel generatie-4 vliegtuigen in de vliegtuigbewegingen op Nederlandse regionale luchthavens was circa 23% in 2019. Het maken van een onderscheid tussen generatie-3 en -4 vliegtuigen is daarom ook nog niet heel belangrijk. Het verschil in ongevalkansen tussen generatie-3 en -4 vliegtuigen is niet dusdanig groot dat dit een te optimistische schatting van het extern veiligheidsrisico zou opleveren voor de operaties op Nederlandse regionale luchthavens gegeven het huidige aandeel generatie-3 en -4 vliegtuigen op deze luchthavens. Op termijn zal het wel noodzakelijk zijn om onderscheid te maken tussen generatie-3 en -4 vliegtuigen als het aandeel generatie-4 vliegtuigen flink toeneemt.

De nieuwe geschatte kansen voor zwaar verkeer zijn zowel voor passagiers- en vrachtluchten (generatie-3 vliegtuigen) gecombineerd als voor zakenjet-vluchten lager dan voorgaande schattingen. Dit wordt grotendeels verklaard door verbeteringen in het vliegveiligheidsniveau in de periode 2005-2019 mede door de invoering van de zwarte lijst met operators door de EU en de introductie van veiligheidsmanagementsystemen bij operators.

⁵² Ongeval waarbij het vliegtuig verzekeringstechnisch total loss is verklaard.

Voor licht verkeer zijn er geen grote veranderingen gevonden ten opzichte van eerdere studies wat betreft de kans op een ongeval tijdens de landing. De geschatte kans op een ongeval tijdens de start is wel hoger dan in voorgaande studies. De geschatte ongevalkansen voor lichtverkeer zijn nu gedaan op basis van een grotere dataset (samenvoeging van een recente periode met een periode uit een eerdere studie) en zijn daarom betrouwbaarder dan eerdere schattingen. De geschatte ongevalkansen zijn voor lichte zuigermotor-aangedreven vliegtuigen maar kunnen in eerste instantie ook gebruikt worden voor elektrisch aangedreven lichte vliegtuigen.

Er wordt voorgesteld om op termijn de hier gepresenteerde herziene ongevalkansen te gaan gebruiken voor de berekening van externe veiligheidsrisico's van overige burgerluchthavens in Nederland – dat zijn de luchthavens van nationale betekenis en de luchthavens van regionale betekenis. De ongevalkansen zoals opgenomen in bijlage 2, tabel 3 van de Regeling Burgerluchthavens, kunnen worden vervangen door de gewijzigde waarden in Tabel 6-1. Voor generatie 1 en 2 zwaar verkeer kunnen de huidige gepubliceerde kansen van de Regeling Burgerluchthavens nog steeds gebruikt worden inclusief het onderscheid tussen passagiers en vrachtluchten.

Tabel 6-1: Herziene ongevalkansen voor overige burgerluchthavens (gewijzigde waarden in rood)

Vliegtuigcategorie	Start		Landing	
Licht1500	$3,80 \times 10^{-6}$		$5,49 \times 10^{-6}$	
Licht5700	$3,80 \times 10^{-6}$		$5,49 \times 10^{-6}$	
	Overrun	Overshoot	Overrun	Undershoot
Business Jet	$0,50 \times 10^{-6}$	$0,25 \times 10^{-6}$	$1,51 \times 10^{-6}$	$1,00 \times 10^{-6}$
Cargo Gen. 3	$0,02 \times 10^{-6}$	$0,02 \times 10^{-6}$	$0,60 \times 10^{-6}$	$0,08 \times 10^{-6}$
Pax Gen. 3	$0,02 \times 10^{-6}$	$0,02 \times 10^{-6}$	$0,60 \times 10^{-6}$	$0,08 \times 10^{-6}$

In bijlage 2 van de Regeling burgerluchthavens, paragraaf 3.4.4.(vergelijkingsnummer 38) staat een weegfactor vermeld: γ (gamma). Deze gamma-factor is gedefinieerd als de “Weegfactor in de sommatie van het baanafhankelijke en routeafhankelijke deel van de verdeling van de kansdichtheid voor landend licht verkeer”. De waarde van deze weegfactor zoals nu opgenomen in de Regeling is 0,7857. NLR heeft de gamma-factor opnieuw vastgesteld op basis van dezelfde set ongevallen waarmee voor het lichte verkeer de herziene ongevalkansen zijn afgeleid. De nieuwe factor is weergegeven in Tabel 6-2.

Tabel 6-2: Geactualiseerde weegfactor (gamma)

Weegfactor	Waarde
γ (gamma)	0,7308

6.2 Aanbevelingen

De volgende aanbevelingen worden gedaan:

1. Aanbevolen wordt de herziene ongevalkansen voor het licht verkeer (licht1500 en licht5700), het zakenjet-verkeer, en het vracht- en passagiersverkeer met generatie-3 vliegtuigen te gebruiken en de tabel 3 in bijlage 2 van Regeling Burgerluchthavens te wijzigen voor de genoemde verkeerstypen.
2. Aanbevolen wordt de herziene weefactor voor het licht verkeer (gamma factor) te gebruiken tezamen met de herziene ongevalkansen voor het licht verkeer. Dit betekent dat de factor zoals vermeld staat in de bijlage 2 van Regeling burgerluchthavens, paragraaf 3.4.4. (vergelijkingsnummer 38) zal moeten vervangen worden door de herziene waarde.

Uit het uitgevoerde onderzoek is naar voren gekomen dat enkele onderdelen van het externe-veiligheidsmodel en vliegtuiggegevens die benodigd zijn voor het berekenen van plaatsgebonden risicocontouren, bij voorkeur op termijn dienen geactualiseerd of verbeterd te worden. Hieronder worden additionele aanbevelingen gedaan:

3. De lijst van standaard vliegtuiggegevens was in 2011 voor het laatst samengesteld met gegevens van vóór 2010. Hierdoor kunnen de gegevens behoorlijk gedateerd zijn. Aanbevolen wordt de lijst met standaard vliegtuiggegevens die gehanteerd wordt voor de berekeningen van externe veiligheidsrisico voor overige burgerluchthavens (niet Schiphol), op termijn te actualiseren.
4. Voor de modellering van ongevalkansen is regelmatig aandacht besteed aan de actualisatie. Andere onderdelen van externe-veiligheidsmodel dienen eveneens aandacht te krijgen voor herziening. Aanbevolen wordt een meerjarenprogramma op te starten voor de herziening van de modellering van de ongevalgevolgen en ongevallocatie voor het externe-veiligheidsmodel.
5. De huidige studie heeft geen betrekking op helikoptervliegverkeer dat niet alleen zich voordoet op helihavens maar ook op overige burgerluchthavens. De ongevalkansen voor helikopters kunnen echter ook gedateerd zijn of worden. Aanbevolen wordt de ongevalkansen van het externe veiligheidsmodel voor helihavens op termijn te actualiseren.
6. Aanbevolen wordt om een verdere opsplitsing in generatie-3 en -4 vliegtuigen op termijn opnieuw te analyseren. Voor grote luchthavens zou het wellicht nu al tot significante verschillen in ongevalkansen kunnen leiden omdat op deze luchthavens al langer en vaker met generatie-4 vliegtuigen wordt geopereerd.

7 Referenties

1. Herziene ongevalkansen van derde generatie vliegtuigen voor NLR IMU-model 2018, NLR-CR-2019-362, november 2019.
2. Re-assessment of the model for analysis of third party risk around regional airports, NLR-CR-2002-178, April 2002.
3. Determination of accident rates for external risk calculations concerning regional airports, NLR Contract Report CR 95330 L, January 1998.
4. Herziene ongevalkansen licht verkeer voor berekening van de externe veiligheid rondom regionale en kleine luchthavens, NLR-CR-2010-606, juli 2011.
5. Samenstellen van standaard vliegtuiggegevens voor de berekening van het externe veiligheidsrisico voor overige burgerluchthavens, NLR-TR-2010-454, april 2011.

Appendix A Overzicht geselecteerde luchthavens zwaar verkeer

Tabel A-1: Geselecteerde regionale luchthavens voor het zware verkeer (372 in totaal)

#	EASA member state	Luchthaven	IATA code
1	Austria	Graz	GRZ
2	Austria	Klagenfurt	KLU
3	Austria	Linz	LNZ
4	Austria	Salzburg	SZG
5	Belgium	Antwerp Deurne Airport	ANR
6	Belgium	Brussels South Airport	CRL
7	Belgium	Liege	LGG
8	Belgium	Ostend	OST
9	Bulgaria	Bourgas	BOJ
10	Bulgaria	Varna	VAR
11	Cyprus	Ercan	ECN
12	Cyprus	Larnaca	LCA
13	Cyprus	Paphos	PFO
14	Czech Republic	Brno Turany Apt	BRQ
15	Czech Republic	Ostrava	OSR
16	Czech Republic	Prague	PRG
17	Denmark	Aalborg Airport	AAL
18	Denmark	Aarhus Tirstrup Airport	AAR
19	Denmark	Billund	BLL
20	Denmark	Bornholm	RNN
21	Denmark	Esbjerg Airport	EBJ
22	Denmark	Karup	KRP
23	Denmark	Sonderborg Airport	SGD
24	Estonia	Kardla	KDL
25	Estonia	Kuressaare	URE
26	Estonia	Tallinn	TLL
27	Finland	Ivalo	IVL
28	Finland	Joensuu	JOE
29	Finland	Jyvaskyla	JYV
30	Finland	Kajaani	KAJ
31	Finland	Kemi/Tornio	KEM
32	Finland	Kittila	KTT
33	Finland	Kokkola/Pietarsaari	KOK
34	Finland	Kuopio	KUO
35	Finland	Kuusamo	KAO
36	Finland	Lappeenranta	LPP
37	Finland	Mariehamn	MHQ
38	Finland	Mikkeli	MIK

#	EASA member state	Luchthaven	IATA code
39	Finland	Oulu	OUL
40	Finland	Pori	POR
41	Finland	Rovaniemi	RVN
42	Finland	Savonlinna	SVL
43	Finland	Seinajoki	SJY
44	Finland	Tampere	TMP
45	Finland	Turku	TKU
46	Finland	Vaasa	VAA
47	Finland	Varkaus	VRK
48	France	Agen	AGF
49	France	Ajaccio	AJA
50	France	Angers Marce Airport	ANE
51	France	Angouleme	ANG
52	France	Avignon	AVN
53	France	Bastia	BIA
54	France	Bergerac	EGC
55	France	Beziers	BZR
56	France	Biarritz	BIQ
57	France	Bordeaux Airport	BOD
58	France	Brest	BES
59	France	Brive-La-Gaillarde	BVE
60	France	Caen	CFR
61	France	Calvi	CLY
62	France	Carcassonne	CCF
63	France	Castres	DCM
64	France	Chambery	CMF
65	France	Cherbourg	CER
66	France	Clermont-Ferrand	CFE
67	France	Dijon	DIJ
68	France	Dinard	DNR
69	France	Figari	FSC
70	France	Grenoble	GNB
71	France	La Rochelle	LRH
72	France	Lannion	LAI
73	France	Le Havre	LEH
74	France	Lille Lesquin Airport	LIL
75	France	Limoges	LIG
76	France	Lorient	LRT
77	France	Lourdes/Tarbes	LDE
78	France	Lyon Satolas Apt	LYS
79	France	Marseille	MRS
80	France	Metz/Nancy	ETZ
81	France	Montpellier	MPL

#	EASA member state	Luchthaven	IATA code
82	France	Nantes Atlantique Airport	NTE
83	France	Nice	NCE
84	France	Nimes	FNI
85	France	Paris Beauvais-Tille Airport	BVA
86	France	Pau	PUF
87	France	Perigueux	PGX
88	France	Perpignan	PGF
89	France	Poitiers Biard Airport	PIS
90	France	Quimper	UIP
91	France	Rennes St Jacques Airport	RNS
92	France	Rouen	URO
93	France	St Brieuc	SBK
94	France	St Etienne	EBU
95	France	Strasbourg Entzheim Airport	SXB
96	France	Toulon	TLN
97	France	Toulouse Blagnac Apt	TLS
98	France	Tours St Symphorien Airport	TUF
99	Germany	Altenburg	AOC
100	Germany	Berlin Schonefeld Apt	SXF
101	Germany	Berlin Tegel Apt	TXL
102	Germany	Berlin Tempelhof Apt	THF
103	Germany	Braunschweig	BWE
104	Germany	Bremen	BRE
105	Germany	Cologne/Bonn K.A.Apt	CGN
106	Germany	Dortmund	DTM
107	Germany	Dresden	DRS
108	Germany	Dusseldorf Moenchengladbach	MGL
109	Germany	Dusseldorf Niederrhein Airport	NRN
110	Germany	Erfurt	ERF
111	Germany	Friedrichshafen	FDH
112	Germany	Hamburg Fuhlsbuettel Airport	HAM
113	Germany	Hamburg Luebeck Airport	LBC
114	Germany	Hanover	HAJ
115	Germany	Ingolstadt-Manching	IGS
116	Germany	Karlsruhe/Baden Baden	FKB
117	Germany	Kiel	KEL
118	Germany	Leipzig	LEJ
119	Germany	Memmingen	FMM
120	Germany	Munster	FMO
121	Germany	Nuremberg Apt	NUE
122	Germany	Paderborn	PAD
123	Germany	Rostock-Laage	RLG
124	Germany	Saarbrucken Ensheim Airport	SCN

#	EASA member state	Luchthaven	IATA code
125	Germany	Saarbrücken Zweibrücken Airport	ZQW
126	Germany	Stuttgart Echterdingen Apt	STR
127	Germany	Westerland	GWT
128	Greece	Alexandroupolis	AXD
129	Greece	Chios	JKH
130	Greece	Heraklion	HER
131	Greece	Karpathos	AOK
132	Greece	Kavala	KVA
133	Greece	Kefallinia	EFL
134	Greece	Kerkyra	CFU
135	Greece	Kithira	KIT
136	Greece	Kos	KGS
137	Greece	Lemnos	LXS
138	Greece	Mikonos	JMK
139	Greece	Mytilene	MJT
140	Greece	Preveza/Lefkas	PVK
141	Greece	Rhodes	RHO
142	Greece	Samos	SMI
143	Greece	Skiathos	JSI
144	Greece	Thessaloniki	SKG
145	Greece	Thira	JTR
146	Greece	Zakynthos	ZTH
147	Hungary	Budapest	BUD
148	Iceland	Akureyri	AEY
149	Iceland	Egilsstaðir	EGS
150	Iceland	Reykjavik Apt	RKV
151	Iceland	Reykjavik Keflavik Apt	KEF
152	Ireland	Cork	ORK
153	Ireland	Donegal	CFN
154	Ireland	Galway	GWY
155	Ireland	Kerry County	KIR
156	Ireland	Knock	NOC
157	Ireland	Shannon	SNN
158	Ireland	Sligo	SXL
159	Ireland	Waterford	WAT
160	Italy	Alghero	AHO
161	Italy	Ancona	AOI
162	Italy	Bari	BRI
163	Italy	Bologna	BLQ
164	Italy	Bolzano	BZO
165	Italy	Brindisi	BDS
166	Italy	Cagliari	CAG
167	Italy	Catania	CTA

#	EASA member state	Luchthaven	IATA code
168	Italy	Crotone	CRV
169	Italy	Cuneo	CUF
170	Italy	Florence Amerigo Vespucci	FLR
171	Italy	Florence Pisa Airport	PSA
172	Italy	Foggia	FOG
173	Italy	Forli	FRL
174	Italy	Genoa	GOA
175	Italy	Lamezia Terme	SUF
176	Italy	Lampedusa	LMP
177	Italy	Milan Linate Apt	LIN
178	Italy	Milan Orio al Serio	BGY
179	Italy	Naples Capodichino Apt	NAP
180	Italy	Olbia	OLB
181	Italy	Palermo	PMO
182	Italy	Pantelleria	PNL
183	Italy	Parma	PMF
184	Italy	Perugia	PEG
185	Italy	Pescara	PSR
186	Italy	Reggio Calabria	REG
187	Italy	Rimini	RMI
188	Italy	Rome Ciampino Apt	CIA
189	Italy	Trieste	TRS
190	Italy	Turin Citta di Torino Airport	TRN
191	Italy	Venice Marco Polo Apt	VCE
192	Italy	Venice Treviso Apt	TSF
193	Italy	Verona Airport	VRN
194	Italy	Verona Brescia Airport	VBS
195	Latvia	Riga	RIX
196	Lithuania	Kaunas	KUN
197	Lithuania	Palanga	PLQ
198	Lithuania	Vilnius	VNO
199	Luxembourg	Luxembourg	LUX
200	Malta	Malta	MLA
201	Netherlands	Eindhoven Airport	EIN
202	Netherlands	Groningen	GRQ
203	Netherlands	Maastricht/Aachen DE Apt	MST
204	Netherlands	Rotterdam Apt	RTM
205	Norway	Alesund	AES
206	Norway	Andenes	ANX
207	Norway	Bardufoss	BDU
208	Norway	Bergen	BGO
209	Norway	Bodo	BOO
210	Norway	Bronnoysund	BNN

#	EASA member state	Luchthaven	IATA code
211	Norway	Harstad-Narvik	EVE
212	Norway	Haugesund	HAU
213	Norway	Kristiansand Kjevik Airport	KRS
214	Norway	Kristiansund	KSU
215	Norway	Molde	MOL
216	Norway	Moss	RYG
217	Norway	Oslo Torp Airport	TRF
218	Norway	Skien	SKE
219	Norway	Stavanger	SVG
220	Norway	Stord	SRP
221	Norway	Trondheim Vaernes Airport	TRD
222	Poland	Bydgoszcz	BZG
223	Poland	Gdansk	GDN
224	Poland	Katowice	KTW
225	Poland	Krakow	KRK
226	Poland	Lodz	LCJ
227	Poland	Poznan	POZ
228	Poland	Rzeszow	RZE
229	Poland	Szczecin	SZZ
230	Poland	Warsaw	WAW
231	Poland	Wroclaw	WRO
232	Portugal	Faro	FAO
233	Portugal	Flores Island	FLW
234	Portugal	Funchal	FNC
235	Portugal	Graciosa Island	GRW
236	Portugal	Horta	HOR
237	Portugal	Lisbon	LIS
238	Portugal	Ponta Delgada	PDL
239	Portugal	Porto	OPO
240	Portugal	Porto Santo	PXO
241	Portugal	Santa Maria	SMA
242	Portugal	Terceira	TER
243	Romania	Arad	ARW
244	Romania	Bacau	BCM
245	Romania	Bucharest Baneasa Apt	BBU
246	Romania	Bucharest Otopeni Apt	OTP
247	Romania	Cluj	CLJ
248	Romania	Constanta	CND
249	Romania	Iasi	IAS
250	Romania	Oradea	OMR
251	Romania	Satu Mare	SUJ
252	Romania	Sibiu	SBZ
253	Romania	Suceava	SCV

#	EASA member state	Luchthaven	IATA code
254	Romania	Timisoara	TSR
255	Romania	Tirgu Mures	TGM
256	Slovakia	Bratislava M.R.Stefanik Apt	BTS
257	Slovakia	Kosice	KSC
258	Slovenia	Ljubljana	LJU
259	Spain	Alicante	ALC
260	Spain	Almeria	LEI
261	Spain	Asturias	OVD
262	Spain	Badajoz	BJZ
263	Spain	Bilbao	BIO
264	Spain	Fuerteventura	FUE
265	Spain	Gerona	GRO
266	Spain	Ibiza	IBZ
267	Spain	Jerez de la Frontera	XRY
268	Spain	La Coruna	LCG
269	Spain	Lanzarote	ACE
270	Spain	Las Palmas	LPA
271	Spain	Leon	LEN
272	Spain	Logrono	RJL
273	Spain	Malaga	AGP
274	Spain	Melilla	MLN
275	Spain	Menorca	MAH
276	Spain	Murcia	MJV
277	Spain	Palma Mallorca	PMI
278	Spain	Reus	REU
279	Spain	San Sebastian	EAS
280	Spain	Santa Cruz de la Palma	SPC
281	Spain	Santander	SDR
282	Spain	Santiago de Compostela	SCQ
283	Spain	Seville	SVQ
284	Spain	Tenerife Sur Reina Sofia Apt	TFS
285	Spain	Valencia	VLC
286	Spain	Valverde	VDE
287	Spain	Vigo	VGO
288	Spain	Zaragoza	ZAZ
289	Sweden	Arvidsjaur	AJR
290	Sweden	Borlange	BLE
291	Sweden	Gallivare	GEV
292	Sweden	Gothenburg Landvetter Apt	GOT
293	Sweden	Gothenburg Saeve Apt	GSE
294	Sweden	Hagfors	HFS
295	Sweden	Halmstad	HAD
296	Sweden	Helsingborg Angelholm Apt	AGH

#	EASA member state	Luchthaven	IATA code
297	Sweden	Hultsfred	HLF
298	Sweden	Jonkoping	JKG
299	Sweden	Kalmar	KLR
300	Sweden	Karlstad	KSD
301	Sweden	Kramfors	KRF
302	Sweden	Kristianstad	KID
303	Sweden	Linkoping	LPI
304	Sweden	Lulea	LLA
305	Sweden	Lycksele	LYC
306	Sweden	Malmo Sturup Apt	MMX
307	Sweden	Mora	MXX
308	Sweden	Norrkoping	NRK
309	Sweden	Orebro	ORB
310	Sweden	Ornskoldsvik	OER
311	Sweden	Oskarshamn	OSK
312	Sweden	Ostersund	OSD
313	Sweden	Pajala	PJA
314	Sweden	Ronneby	RNB
315	Sweden	Skelleftea	SFT
316	Sweden	Skovde	KVB
317	Sweden	Soderhamn	SOO
318	Sweden	Stockholm Bromma Apt	BMA
319	Sweden	Stockholm Skavsta Airport	NYO
320	Sweden	Storuman	SQO
321	Sweden	Sundsvall	SDL
322	Sweden	Sveg	EVG
323	Sweden	Torsby	TYF
324	Sweden	Trollhattan	THN
325	Sweden	Umea	UME
326	Sweden	Vasteras	VST
327	Sweden	Vaxjo	VXO
328	Sweden	Vilhelmina	VHM
329	Sweden	Visby	VBV
330	Switzerland	Altenrhein	ACH
331	Switzerland	Euroairport Basel	BSL
332	Switzerland	Geneva	GVA
333	Switzerland	Lugano	LUG
334	United Kingdom	Aberdeen	ABZ
335	United Kingdom	Belfast City Apt	BHD
336	United Kingdom	Belfast International Apt	BFS
337	United Kingdom	Benbecula	BEB
338	United Kingdom	Birmingham International Airport	BHX
339	United Kingdom	Blackpool	BLK

#	EASA member state	Luchthaven	IATA code
340	United Kingdom	Bournemouth	BOH
341	United Kingdom	Bristol	BRS
342	United Kingdom	Cardiff	CWL
343	United Kingdom	Coventry	CVT
344	United Kingdom	Doncaster	DSA
345	United Kingdom	Dundee	DND
346	United Kingdom	Edinburgh	EDI
347	United Kingdom	Exeter	EXT
348	United Kingdom	Glasgow International Airport	GLA
349	United Kingdom	Glasgow Prestwick Apt	PIK
350	United Kingdom	Guernsey	GCI
351	United Kingdom	Humberside	HUY
352	United Kingdom	Inverness	INV
353	United Kingdom	Isle Of Man	IOM
354	United Kingdom	Jersey	JER
355	United Kingdom	Kirkwall	KOI
356	United Kingdom	Leeds Bradford	LBA
357	United Kingdom	Liverpool	LPL
358	United Kingdom	London City Apt	LCY
359	United Kingdom	London Luton Apt	LTN
360	United Kingdom	Londonderry	LDY
361	United Kingdom	Manston	MSE
362	United Kingdom	Newcastle	NCL
363	United Kingdom	Newquay	NQY
364	United Kingdom	Norwich	NWI
365	United Kingdom	Nottingham East Midlands Airport	EMA
366	United Kingdom	Plymouth	PLH
367	United Kingdom	Shetland Islands Sumburgh Apt	LSI
368	United Kingdom	Southampton	SOU
369	United Kingdom	Southend	SEN
370	United Kingdom	Stornoway	SYU
371	United Kingdom	Teesside	MME
372	United Kingdom	Wick	WIC

Appendix B Ongevallen passagiers- en vrachtverkeer

Appendix B.1 Geregeld passagiers- en vrachtverkeer

Tabel B.1: EV-ongevallen van geregeld (scheduled) passagiers en vrachtverkeer (2005-2019)

Datum	Lokatie / Luchthaven	Vliegtuigtype	Operatie	Gen*	Vluchtfase	Type ongeval
27-01-2005	Iasi, Roemenië	Let L-410	cgo	2	Landing	Undershoot
14-08-2005	Hannover, Duitsland	Embraer 145	pax	3	Landing	Overrun
26-01-2006	Stuttgart, Duitsland	Embraer 145	Pax	3	Landing	Overrun
06-02-2006	Berlin-Tegel, Duitsland	Boeing 737-800	pax	3	Landing	Overrun
08-03-2006	Guernsey, VK	HS748/AVRO 748	cgo	1	Landing	Overrun
22-06-2006	Aberdeen, VK	Dornier 328	pax	3	Landing	Overrun
28-06-2006	Nürnberg, Duitsland	Embraer 145	pax	3	Landing	Overrun
19-11-2006	Monchenglabach, DE	Fokker F27	cgo	1	Start	Overrun
25-01-2007	Pau, Frankrijk	Fokker 100	pax	3	Landing	Overrun
20-02-2007	Londen-City, VK	BAe 146-200	pax	3	Landing	Overrun
18-05-2007	Groningen-Eelde, NL	Fokker 50	pax	3	Landing	Overrun
18-07-2007	Nuremberg, Duitsland	Embraer 145	pax	3	Landing	Overrun
21-03-2008	Limoges, Frankrijk	Boeing 737-800	pax	3	Landing	Overrun
26-09-2008	Dortmund, Duitsland	Airbus A321	pax	3 (4)	Landing	Overrun
31-10-2008	Lanzarote, Spanje	Boeing 737-800	pax	3	Landing	Overrun
05-01-2009	Stuttgart, Duitsland	Embraer 145	pax	3	Landing	Overrun
23-12-2009	Glasgow Prestwick, VK	Boeing 737-800	pax	3	Landing	Overrun
03-01-2010	Dortmund, Duitsland	Boeing 737-800	pax	3	Start	Overrun
18-03-2010	Tallinn, Estonië	Antonov An-26	cgo	2	Start	Overshoot
28-05-2010	Nuremberg, Duitsland	B737-800	pax	3	Landing	Overrun
24-09-2010	Palermo, Italië	Airbus A319	pax	3 (4)	Landing	Undershoot
25-11-2010	Newcastle, VK	Boeing 737-800	pax	3	Landing	Overrun
16-10-2012	Lorient, Frankrijk	CRJ-700	pax	3 (4)	Landing	Overrun
27-01-2013	Kristiansand, Noorwegen	A320-200	pax	3 (4)	Landing	Overrun
30-03-2013	Lyon, Frankrijk	Airbus A321-110	pax	3 (4)	Landing	Overrun
15-06-2013	Thessaloniki, GR	Boeing 737-800	pax	3	Landing	Overrun
07-07-2013	Hamburg, Duitsland	A310-300	pax	3	Landing	Overrun
31-01-2014	Torsby, Zweden	Jetstream 3100	pax	2	Landing	Overrun
04-07-2014	Leipzig, Duitsland	Airbus A320	pax	3 (4)	Landing	Undershoot
06-04-2016	Gallivare, Zweden	Fokker 100	pax	3	Landing	Overrun
05-08-2016	Bergamo, Italië	Boeing 737-400SF	cgo	3	Landing	Overrun
18-09-2016	Cologne/Bonn, Duitsland	A332	pax	3 (4)	Landing	Undershoot
28-04-2017	Keflavik, IJsland	Boeing 737-800	pax	3	Landing	Overrun
22-06-2017	Bucharest Otopeni, RO	A321-200	pax	3 (4)	Landing	Overrun
21-07-2017	Belfast, Ierland	Boeing 737-800	pax	3	Start	Overshoot
25-07-2017	Bucharest, RO	Boeing 737-800	pax	3	Landing	Overrun

Datum	Lokatie / Luchthaven	Vliegtuigtype	Operatie	Gen*	Vluchtfase	Type ongeval
23-09-2017	Biarritz, Frankrijk	A322	pax	3 (4)	Landing	Overrun
30-09-2017	Sylt, Duitsland	A322	pax	3 (4)	Landing	Overrun
30-03-2018	Bucharest Otopeni, RO	Airbus A320	pax	3 (4)	Landing	Undershoot
11-05-2018	Hamburg, Duitsland	A322	pax	3 (4)	Landing	Overrun
15-05-2018	Hamburg, Duitsland	Boeing 737-800	pax	3	Landing	Overrun

*) Indien van toepassing wordt het vliegtuigtype ook gecategoriseerd als vierde-generatie (gen-4) vliegtuig.

Appendix B.2 Niet-geregeld passagiers- en vrachtverkeer

Tabel B.2: EV-ongevallen van niet-geregeld (unscheduled) passagiers- en vrachtverkeer (2005-2019)

Datum	Lokatie / Luchthaven	Vliegtuigtype	Operatie	Gen*	Vluchtfase	Type ongeval
30-10-2005	Bergamo, Italië	Let L-410	cgo	2	Start	Overshoot
22-05-2006	Metz, Frankrijk	Boeing 737-400	pax	3	Start	Overrun
10-10-2006	Stord, Noorwegen	BAe 146	pax	3	Landing	Overrun
*09-09-2007	Ostersund, Zweden	MD-83	pax	3	Start	Overrun
*09-09-2007	Ostersund, Zweden	MD-83	pax	3	Start	Overshoot
28-10-2007	Katowice, Polen	Boeing 737-800	pax	3	Landing	Undershoot
11-08-2010	Manston, VK	DC-8-63	cgo	1	Start	Overrun
12-03-2013	Katowice, Polen	Boeing 737-800	pax	3	Landing	Overrun
24-05-2013	Varna, Bulgarije	Airbus A320-230	pax	3 (4)	Landing	Overrun
07-01-2016	Cluj, Roemenië	Boeing 737-400	pax	3	Landing	Overrun

+) dit incident levert twee EV-ongevallen op.

*) Indien van toepassing wordt het vliegtuigtype ook gecategoriseerd als vierde-generatie (gen 4) vliegtuig.

Appendix C Vergelijking bewegingsgegevens CBS en NLR (2009-2019)

Deze appendix presenteert een vergelijking van het totale aantal bewegingen op basis van CBS-data en op basis van NLR-data voor het lichte verkeer van de beschouwde luchthavens. De luchthavens zijn negen kleine velden (Ameland, Budel, Drachten, Hilversum, Hoogeveen, Midden-Zeeland, Seppe, Teuge en Texel), vier regionale luchthavens (Rotterdam The Hague Airport, Maastricht Aachen Airport, Groningen Airport Eelde en Lelystad Airport) en de militaire luchthaven met civiel medegebruik Eindhoven Airport. Militaire luchthaven met civiel medegebruik Den Helder/De Kooy ontbreekt in de vergelijking omdat hiervoor geen CBS-data beschikbaar zijn.

De door het CBS op website Statline gepubliceerde aantallen (peildatum 19 november 2020) worden gegroepeerd en vergeleken met die, welke door het NLR in dit onderzoek zijn verzameld en verwerkt. De NLR verwerking betreft een correctie in de totale bewegingsaantallen door ieder uitgevoerde circuitvlucht en 'touch-and-go' als twee bewegingen te beschouwen.

Tabel C-1 geeft een overzicht van de bewegingsaantallen van de negen kleine velden (Ameland, Budel, Drachten, Hilversum, Hoogeveen, Midden-Zeeland, Seppe, Teuge en Texel).

Tabel C-1: Vergelijking bewegingsgegevens voor de kleine velden

Jaar	NLR	CBS	Rel.verschil (%) ⁵³
2009	308866	308370	0.16%
2010	284969	284969	0.00%
2011	294595	294594	0.00%
2012	267986	267846	0.05%
2013	252201	249171	1.22%
2014	255832	255858	-0.01%
2015	243772	243448	0.13%
2016	242421	241429	0.41%
2017	234410	232342	0.89%
2018	251910*	252335	-0.17%
2019	250236	248171	0.83%
Totaal	2887198	2878533	0.30%

*) Hilversum 2018 ontbreekt in de dataset die aangeleverd is aan het NLR. Voor Hilversum 2018 wordt het aantal bewegingen geschat door interpolatie op basis van het aantal bewegingen van het jaar daarvoor en van het jaar daarna.

⁵³ Het relatief verschil wordt bepaald door: Rel.verschil % = (NLR-data – CBS data) / (CBS data) x 100%

Tabel C-2 geeft een overzicht van de bewegingsaantallen van de vier regionale luchthavens (Rotterdam The Hague Airport, Maastricht Aachen Airport, Groningen Airport Eelde en Lelystad Airport) en militaire luchthaven met civiel medegebruik Eindhoven Airport.

Tabel C-2: Vergelijking bewegingsgegevens voor de geselecteerde luchthavens

Jaar	NLR	CBS	Rel.verschil (%)
2009	302739	305540	-0.92%
2010	294171	297078	-0.98%
2011	271256	278404	-2.57%
2012	257036	257031	0.00%
2013	240695	240834	-0.06%
2014	231408	231371	0.02%
2015	222837	222720	0.05%
2016	220404	220532	-0.06%
2017	215993	216019	-0.01%
2018	242527	242485	0.02%
2019	228131	237175	-3.81%
Totaal	2727197	2749189	-0.80%



Dedicated to innovation in aerospace

Koninklijke NLR - Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum

Het onderzoekscentrum Koninklijke NLR werkt op objectieve en onafhankelijke wijze met zijn partners aan een betere wereld van morgen. NLR biedt daarbij innovatieve oplossingen en technische expertise en zorgt voor een sterke concurrentiepositie van het bedrijfsleven.

NLR is ruim 100 jaar een kennisorganisatie met de diepgewortelde wil om te blijven vernieuwen en zet zich in voor een duurzame, veilige, efficiënte en effectieve lucht- en ruimtevaart.

De combinatie van diepgaand inzicht in de klantbehoefte, multidisciplinaire expertise en toonaangevende onderzoeksfaciliteiten, maakt snel innoveren mogelijk. NLR vormt in binnen- en buitenland de spilfunctie tussen wetenschap, bedrijfsleven en overheid, en overbrugt de kloof tussen fundamenteel onderzoek en toepassingen in de praktijk. Daarnaast werkt NLR als Groot Technologisch Instituut (GTI) sinds 2010 in de TO2-federatie samen aan toegepast onderzoek in Nederland.

Vanuit de hoofdvestigingen in Amsterdam en Marknesse en twee satellietvestigingen, draagt NLR bij aan een veilige en duurzame maatschappij en werkt met partners in vele (defensie)programma's, onder andere aan complexe composieten constructies voor verkeersvliegtuigen en aan doelgericht gebruik van het F-35-jachtvliegtuig. Daarnaast geeft NLR invulling aan Nederlandse en Europese (klimaat)doelstellingen conform de Luchtvaartnota, de European Green Deal, Flightpath 2050 en door deelname aan programma's zoals Clean Sky en SESAR.

Voor meer informatie bezoek: www.nlr.nl

Postal address

PO Box 90502
1006 BM Amsterdam, The Netherlands
e) info@nlr.nl i) www.nlr.org

Royal NLR

Anthony Fokkerweg 2
1059 CM Amsterdam, The Netherlands
p) +31 88 511 3113

Voorsterweg 31
8316 PR Marknesse, The Netherlands
p) +31 88 511 4444