

# **Algoritme bronhandhaving externe veiligheidseffecten Schiphol**

December 1999

# Algoritme bronhandhaving externe veiligheidseffecten Schiphol

December 1999

Opdrachtgever:  
Directoraat-Generaal Rijksluchtvaartdienst  
Postbus 90771  
2509 LT Den Haag

Opdrachtnemer  
Adviesgroep AVIV BV  
Langestraat 11  
7511 HA Enschede

---

## Inhoudsopgave

.....

### **1 Inleiding 4**

### **2 Uitgangspunten 5**

2.1 Risicomodel 2010 5

2.2 Invoergegevens risicomodel 5

2.3 Aard van de risico zones 5

2.4 Invloed brongegevens op het individueel risico 6

2.5 Invloed brongegevens op het oppervlak van een risico zone 6

### **3 Risico massa algoritme 8**

3.1 Definitie 8

3.2 Invloed op oppervlak van de risico zone 8

3.3 Toetsingscriterium 9

### **4 Verwachtingswaarde ongevalsgebied algoritme 10**

### **5 Oppervlak risico zone algoritme 11**

### **6 Referenties 12**

.....

## Bijlagen

### **1 Oppervlak risico zone algoritmen 13**

---

# 1 Inleiding

---

Voor Schiphol zal het QRA instrument worden gebruikt om eenmalig de individuele risico zone(s) vast te stellen van een toekomstige eindsituatie (jaar 2010). De doelstelling van het project 'Algoritme bronhandhaving externe veiligheidseffecten Schiphol' is een algoritme te ontwikkelen waarmee het mogelijk moet zijn op een eenvoudige wijze te toetsen of een actuele situatie (nog) past binnen deze berekende grenzen van de eindsituatie. De toetsing wordt niet uitgevoerd op de exacte grenzen van de risico zones, maar op de omvang en aard van de bron. Voor Schiphol is de omvang van de bron het aantal vliegtuigen dat aankomt en vertrekt. Voor de aard van de bron wordt er een onderscheid gemaakt naar vliegtuigtype. Het type vliegtuig beïnvloedt de kans op ongevallen en de grootte van het ongevalsgebied. Door handhavingsvoorwaarden te formuleren voor deze brongegevens wordt een verbinding gemaakt tussen de omvang van de externe veiligheidseffecten en de mogelijkheden die Schiphol heeft om deze veiligheidseffecten te beïnvloeden. Naast een handhavinginstrument voor de bron is het mogelijk dat er nog instrumenten worden ontwikkeld voor de vliegroutes en de bebouwing. Deze instrumenten worden niet behandeld in dit rapport.

In hoofdstuk 2 wordt een korte beschrijving gegeven van het risicomodel dat gebruikt zal worden voor de analyse van de eindsituatie. Er wordt nagegaan hoe het niveau van het individueel risico afhangt van de brongegevens. Tevens wordt geïllustreerd dat het oppervlak van een risico zone op een ingewikkelder wijze af zal hangen van de brongegevens. In hoofdstuk 3 wordt een risico massa gedefinieerd, die kan dienen als handhavinginstrument voor de bron. De risico massa is een maat voor de hoogte van het individueel risico en de verwachtingswaarde van het jaarlijks door ongevallen getroffen gebied. In hoofdstuk 4 wordt de verwachtingswaarde gedefinieerd. In hoofdstuk 5 tenslotte wordt beschreven hoe de brongegevens te combineren zijn met gedetailleerde uitkomsten van het risicomodel, zodat het oppervlak van de risico zone berekend kan worden. Een aantal mogelijke algoritmen hiervoor worden in de bijlage verder uitgewerkt.

---

## 2 Uitgangspunten

---

### 2.1 Risicomodel 2010

Door het NLR wordt momenteel gewerkt aan het risicomodel waarmee de situatie in 2010 zal worden berekend. Met de berekeningsresultaten zullen vervolgens risico zones worden gedefinieerd. Bij de berekening van de externe veiligheid worden drie modellen gebruikt:

- Het ongevalskansmodel dat een schatting geeft van de kans op een ongeval bij een start of een landing.
- Het ongevalslocatiemodel dat de verdeling geeft van de kans dat zo'n ongeval plaatsvindt op een bepaalde plaats ten opzichte van de door het verkeer gevolgde route.
- Het ongevalsgevolgmodel dat aangeeft hoe ernstig de gevolgen van een ongeval op een bepaalde plaats op de grond zijn in termen van afmetingen van het ongevalsgebied en de kans op overlijden binnen dat gebied.

### 2.2 Invoergegevens risicomodel

De volgende invoergegevens worden in het risicomodel voor de situatie in 2010 gebruikt:

- De onveiligheidsratio (kans op een ongeval) voor starts en landingen. Voor landingen wordt tevens een onderscheid gemaakt tussen ongevallen die leiden tot een undershoot of overshoot. Voor de onveiligheidsratio's wordt een voor de luchthaven gemiddelde waarde afgeleid gebaseerd op een onderverdeling naar vliegtuigtype.
- Het gebruik van de vijf banen voor starts en landingen. Hierbij wordt een totaal aantal vliegbewegingen gehanteerd met een baangebruik o.a. afhankelijk van over een lange periode gemiddelde meteorologische condities.
- De routestructuur voor de starts per baan en per richting. Voor de landingen ligt de route in het verlengde van de baanas.
- De afmetingen van het ongevalsgebied zijn gerelateerd aan de grootte van het vliegtuig. De grootte van het vliegtuig wordt uitgedrukt in maximaal startgewicht (maximum take-off weight, MTOW). Voor het MTOW wordt een voor de luchthaven gemiddelde waarde afgeleid gebaseerd op een onderverdeling naar vliegtuigtype. Er zal naar verwachting geen onderscheid meer gemaakt worden naar het lokale terrein type (open terrein, bebouwd terrein en bos of water). Volgens recente informatie wordt voor de grootte van het ongevalsgebied  $89 \text{ m}^2/\text{ton}$  aangenomen.

Voor de toepassing van het te ontwikkelen algoritme wordt verondersteld dat voor een actuele situatie de onveiligheidsratio's, het baangebruik en het MTOW bekend zijn. Voor de routestructuur wordt verondersteld dat het relatieve gebruik van de verschillende routes per baan onveranderd blijft ten opzichte van de berekende situatie in 2010.

### 2.3 Aard van de risico zones

Er wordt verondersteld dat binnen de vast te stellen risico zones het IR gelijk aan of hoger is dan  $10^{-6}$  /jr. De zones per baankop liggen bij deze IR-grenswaarden dan nagenoeg symmetrisch rond (het verlengde van) de baanas. Hiervoor wordt verwezen naar reeds gerapporteerde berekeningen [2, 4]. De zones per baankop overlappen elkaar niet. De totale risico zone voor de luchthaven kan dan bepaald worden door de risico zones van de afzonderlijke baankoppen te sommeren.

---

Uit de gerapporteerde berekeningen is de invloed van de routestructuur bij de starts op de ligging van de te beschouwen risicozones niet af te leiden. De nagenoeg symmetrische ligging van de risico zones rond (het verlengde van) de baan suggereert dat de routestructuur nauwelijks invloed heeft. Het is echter mogelijk dat de routestructuur wel degelijk invloed heeft op de berekende breedte van de risico zones.

## 2.4 Invloed brongegevens op het individueel risico

De risico zone van een baankop wordt bepaald door de bijdragen van ongevallen tijdens starts en landingen. Voor landingen geldt dat het verkeer in beide richtingen van een baan een bijdrage levert aan de risico zone van een baankop. Er worden drie ongevalsscenario's onderscheiden die een bijdrage aan de risico zone van een baankop leveren, namelijk starts, landingen met undershoot en landingen met overshoot. Voor elk ongevalsscenario is de invloed van de brongegevens op de hoogte van het IR in een bepaald punt (x,y) als volgt te relateren aan het IR op dit punt berekend voor 2010:

$$IR = \{ (n / n_{2010}) * (o / o_{2010}) * (g / g_{2010}) \} * IR_{2010}$$

Met:

IR : Indivueel risico veroorzaakt door het ongevalsscenario in een punt (x,y).  
n : Aantal vliegbewegingen per jaar relevant voor het ongevalsscenario.  
o : De onveiligheidsratio van het ongevalsscenario.  
g : Het gemiddelde MTOW.

Het totale IR in een bepaald punt (x,y) voor de baankop is de som van het zo bepaalde IR per ongevalsscenario. Het product  $n * o * g$  is in bovenstaande vergelijking de risico massa per ongevalsscenario. Het IR in 2010 is in ieder geval hoger dan het IR van de actuele situatie als de risicomassa voor elk ongevalsscenario in de actuele situatie lager is dan de risico massa in 2010.

De lineaire relatie tussen het IR en n respectievelijk o volgt rechtstreeks uit het berekeningsmodel. Het verband tussen het IR en g behoeft enige uitleg. Het gewicht g beïnvloedt het IR via de grootte van het ongevalsgebied. De omvang van het ongevalsgebied neemt lineair toe met toenemende g. Hierdoor zal ook het IR nagenoeg lineair toenemen, tenminste als verondersteld mag worden dat de over het ongevalsgebied gemiddelde kansdichtheid berekend met het ongevalslocatiemodel nauwelijks zal veranderen binnen de te verwachten variatie in de omvang van het ongevalsgebied. Deze veronderstelling kan worden onderbouwd met figuur 27 en 28 uit de IMER rapportage [2]. In figuur 27 wordt de invloed van een 25% reductie in de onveiligheidsratio op de ligging van de IR-contour van  $10^{-6}$  /jr getoond, in figuur 28 de invloed van een 25% reductie in de afmetingen van het ongevalsgebied (het MTOW). De figuren zijn vrijwel hetzelfde (voor zover de schaal van de figuren een dergelijke observatie toelaat).

Aangezien het IR gerelateerd wordt aan het IR berekend voor de situatie in 2010 wordt impliciet verondersteld dat de verdeling van starts over verschillende routes zich niet wijzigt.

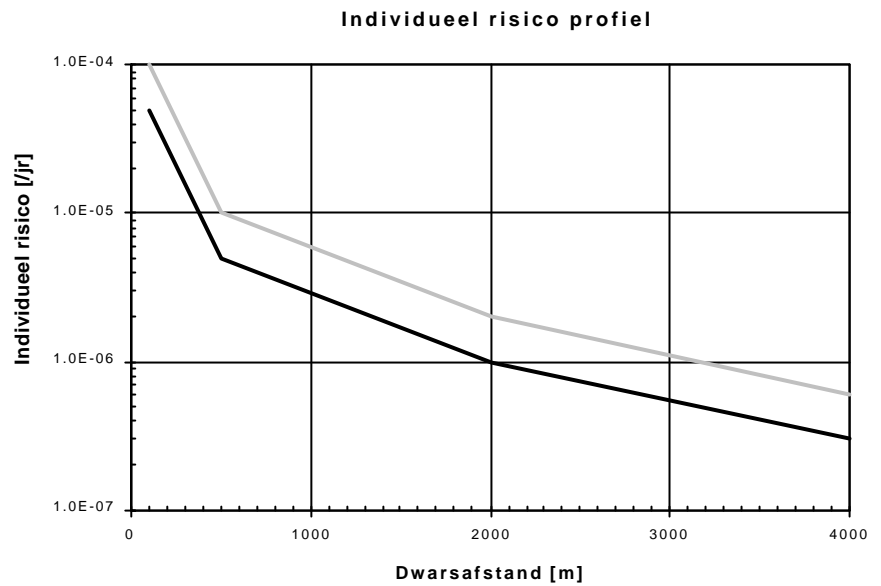
## 2.5 Invloed brongegevens op het oppervlak van een risico zone

Met de vergelijkingen in paragraaf 2.4 is het IR in een bepaald punt te bepalen uitgaande van het IR berekend voor de situatie in 2010. Het oppervlak van de risico zone hangt echter op een ingewikkelder wijze af van de brongegevens. Dit wordt geïllustreerd met figuur 1. In deze figuur zijn twee IR dwarsprofielen opgenomen op een bepaalde afstand van de baankop. Het IR op een bepaalde afstand verschilt tussen deze profielen een factor

---

twee. Voor een grenswaarde van  $10^{-5}$  is de dwarsafstand 400 respectievelijk 500 m, maar voor een grenswaarde van  $10^{-6}$  2000 respectievelijk 3000 m. Met dezelfde variatie in de brongegevens zal de variatie in het oppervlak dus afhangen van de keuze van de grenswaarde.

**Figuur 1.**  
Voorbeeld van een individueel risico dwarsprofiel



---

## 3 Risico massa algoritme

---

### 3.1 Definitie

Een risico massa voor de luchthaven kan als volgt gedefinieerd worden:

$$RM = n * o * g$$

Met:

- RM : Risico massa van de luchthaven [ton/jr].  
n : Het jaarlijks aantal starts en landingen van de luchthaven [vliegbewegingen/jr].  
o : De onveiligheidsratio gemiddeld voor starts en landingen [/vliegbeweging].  
g : Het gemiddelde MTOW [ton].

De risico massa kan als maat gebruikt worden voor de omvang van de externe veiligheidseffecten omdat:

- De brongegevens die relevant zijn voor de externe veiligheidseffecten hierin op de juiste wijze zijn gecombineerd. In hoofdstuk 2 is toegelicht dat er een zeker verband bestaat tussen de risico massa en de hoogte van het IR. Een grotere risico massa leidt tot een groter IR.
- De risico massa vermenigvuldigd met het veronderstelde oppervlak van het ongevalsgebied van 89 m<sup>2</sup>/ton is gelijk aan de verwachtingswaarde van de omvang van het oppervlak dat jaarlijks door een ongeval wordt getroffen.

De risico massa in de actuele situatie kan worden vergeleken met de risico massa van de gewenste situatie in 2010.

Per baan kan de risico massa in een actuele situatie ook worden vergeleken met de gewenste situatie in 2010. De definitie van de risico massa per baan is analoog aan de definitie van de risico massa voor de luchthaven:

$$RM_b = n_b * o_b * g$$

Met:

- RM<sub>b</sub> : Risico massa van een baan [ton/jr].  
n<sub>b</sub> : Het jaarlijks aantal starts en landingen voor de baan [vliegbewegingen/jr].  
o<sub>b</sub> : De onveiligheidsratio gemiddeld voor starts en landingen [/vliegbeweging].  
g : Het gemiddelde MTOW [ton].

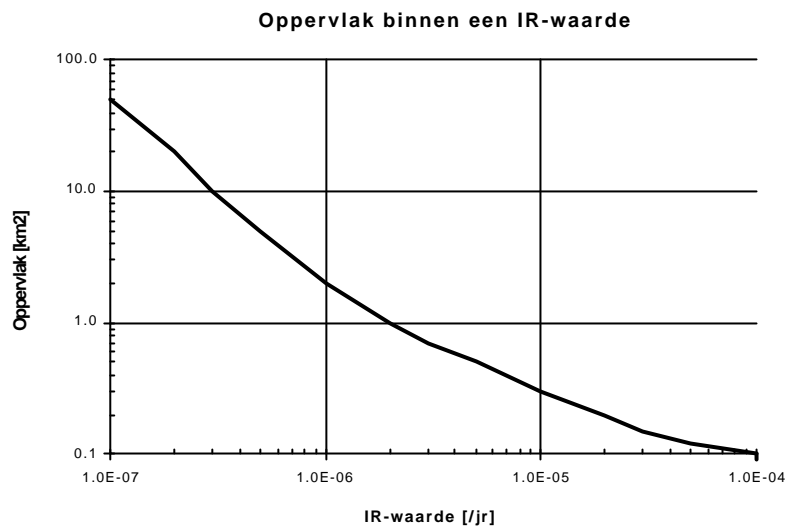
### 3.2 Invloed op oppervlak van de risico zone

Door alleen het risico massa algoritme toe te passen ontstaat er geen inzicht in de grootte van een mogelijke overschrijding van de vastgestelde risico zone. Dit kan ten dele worden ondervangen door voor de situatie in 2010 per baan een figuur te maken van het oppervlak binnen verschillende IR-waarden versus de IR-waarde. Figuur 2 toont een voorbeeld.

#### **Figuur 2.**

Voorbeeld van het oppervlak binnen een IR-waarde





Met deze figuur kan een indicatie van het oppervlak in de actuele situatie verkregen worden door te veronderstellen dat dit oppervlak wordt bepaald door een IR-waarde die omgekeerd evenredig is met het quotiënt van de risico massa in 2010 en de risico massa in de actuele situatie:

$$IR = (RM_{2010} / RM) * IR_{2010}$$

Desgewenst kan dit algoritme verder verfijnd worden naar baan kop. Voor een baan kop is de risico massa niet zoals hierboven te definiëren, aangezien bij landingen zowel ongevallen met undershoot als overshoot kunnen optreden. In de bijlage wordt voor de verfijning naar baan kop een aanzet gegeven. Een definitieve uitwerking kan pas na evaluatie van de berekeningsresultaten voor 2010 plaatsvinden.

### 3.3 Toetsingscriterium

De risico massa voor de luchthaven en voor de afzonderlijke banen wordt als toetsingscriterium gebruikt: Als de risico massa in de actuele situatie kleiner is dan de risico massa in de eindsituatie dan past de actuele situatie nog binnen de berekende grenzen van de eindsituatie. Aangegeven is tevens hoe bij een overschrijding van de risico massa voor een baan een indicatie verkregen kan worden van de invloed hiervan op het oppervlak van de risico zone.

In de actuele situatie kan het baangebruik, bijvoorbeeld veroorzaakt door andere meteorologische condities of langdurig onderhoud aan een baan, sterk afwijken van hetgeen voor de situatie in 2010 is verondersteld. Wellicht is het mogelijk dat alhoewel voldaan wordt aan het toetsingscriterium voor de luchthaven in zijn geheel, er toch sprake is van een te grote toename van de risico massa voor een specifieke baan (bijvoorbeeld voor een risico zone waarbinnen zich de meeste woonbebouwing bevindt). Indien wenselijk geacht kunnen er randvoorwaarden worden gesteld aan het gebruik van een baan, bijvoorbeeld een niet te overschrijden maximum aantal vliegbewegingen (of maximum grootte van de risico massa). Deze randvoorwaarden dienen dan in het algoritme te worden opgenomen.

Afwijkingen van de voor 2010 veronderstelde routestructuur kunnen met het voorgestelde algoritme niet geëvalueerd worden.

---

## 4 Verwachtingswaarde ongevalsgebied algoritme

---

De verwachtingswaarde van het potentieel ongevalsgebied van de luchthaven kan als volgt gedefinieerd worden:

$$VW = n * o * g * a$$

Met:

VW : Verwachtingswaarde potentieel ongevalsgebied van de luchthaven [ $m^2/jr$ ].

n : Het jaarlijks aantal starts en landingen van de luchthaven [vliegbewegingen/jr]

o : De onveiligheidsratio gemiddeld voor starts en landingen [/vliegbeweging].

g : Het gemiddelde MTOW [ton].

a : Het gemiddelde oppervlak van het ongevalsgebied [ $m^2/ton$ ].

De verwachtingswaarde in de actuele situatie kan worden vergeleken met de verwachtingswaarde van de gewenste situatie in 2010. Per baan kan deze vergelijking ook plaatsvinden. De definitie van de verwachtingswaarde per baan is analoog aan de definitie van de verwachtingswaarde voor de luchthaven:

$$VW_b = n_b * o_b * g * a$$

Met:

$VW_b$  : Verwachtingswaarde potentieel ongevalsgebied van een baan [ $m^2/jr$ ].

$n_b$  : Het jaarlijks aantal starts en landingen voor de baan [vliegbewegingen/jr].

$o_b$  : De onveiligheidsratio gemiddeld voor starts en landingen [/vliegbeweging].

g : Het gemiddelde MTOW [ton].

a : Het gemiddelde oppervlak van het ongevalsgebied [ $m^2/ton$ ].

De verwachtingswaarde voor de luchthaven en voor de afzonderlijke banen wordt als toetsingscriterium gebruikt: Als de verwachtingswaarde in de actuele situatie kleiner is dan de verwachtingswaarde in de eindsituatie dan past de actuele situatie nog binnen de berekende grenzen van de eindsituatie.

---

## 5 Oppervlak risico zone algoritme

---

In bijlage 1 worden algoritmen beschreven waarmee voor elke baankop het oppervlak van de risico zone berekend kan worden als functie van de brongegevens. De gehanteerde brongegevens zijn dezelfde als voor het risico massa algoritme, te weten het aantal vliegbewegingen, de onveiligheidsratio's en het MTOW. Aangezien in deze algoritmen een verband gelegd wordt tussen de brongegevens en het oppervlak van een risico zone vergt de implementatie een grotere inspanning dan voor het risico massa algoritme.

De berekende oppervlakken van de risico zone kunnen afzonderlijk of gesommeerd worden vergeleken met de risico zone in 2010. Het toetsingscriterium of de actuele situatie nog past binnen de berekende grenzen van de eindsituatie kan dan als volgt geformuleerd worden: Als het over de baankoppen gesommeerde oppervlak van de risico zone in de actuele situatie kleiner is dan het gesommeerde oppervlak in 2010 dan past de actuele situatie nog binnen de berekende grenzen van de eindsituatie. Ook hier kunnen eisen gesteld worden aan het maximale oppervlak van een specifieke baan(kop) en daarmee aan de grootte van de brongegevens.

---

## 6 Referenties

---

1. Project mainport & milieu Schiphol 1993 Integraal Milieu-effectrapport Schiphol en omgeving
2. Project mainport & milieu Schiphol 1993 Analyse van de externe veiligheid rond de luchthaven Schiphol  
Thematische bijlage bij het Integraal Milieu-effectrapport Schiphol en omgeving
3. NLR 1993 The development of a method for the analysis of societal and individual risk due to aircraft accidents in the vicinity of airports  
Rapport NLR CR 93372 L
4. NLR 1999 Verwachting ten aanzien van de ontwikkeling van de externe veiligheid rond de TNLI locaties tussen 1990 en 2020  
Rapport NLR-CR-98491 Herziene versie

---

# Bijlage 1. Oppervlak risico zone algoritmen

---

## 1. Uitgebreid algoritme

Voor dit algoritme zijn de volgende modelresultaten voor de situatie in 2010 noodzakelijk. Per baan kop worden voor de situatie in 2010 de IR profielen voor discrete waarden van  $x$  en  $y$  uitgesplitst naar ongevalsscenario (starts, landingen met undershoot en landingen met overshoot). De sommatie van deze profielen leidt dan tot het IR profiel voor de betreffende baan kop. De verschillende risico zones zijn uit het gesommeerde profiel af te leiden. De profielen per ongevalsscenario dienen voor elke baan kop afgeleid te worden omdat de routestructuur en de aard van de omgeving mede bepalend zijn voor het profiel.

Het algoritme voor het bepalen van het oppervlak van een risico zone van een baan kop wordt dan:

- Bepaal de invoergegevens van de actuele situatie.
- Bepaal het IR profiel van de actuele situatie voor elk ongevalsscenario. Voor de invloed van de invoergegevens op de hoogte van het IR wordt de vergelijking uit paragraaf 2.4 gebruikt.
- Bepaal het totale IR profiel door de profielen van elk ongevalsscenario te sommeren.
- Bepaal voor elke  $x$  de afstand  $y$  tot de maatgevende waarde van het IR. De afstand  $y$  wordt bepaald door logaritmische interpolatie.
- Bepaal het oppervlak van de risico zone.

De implementatie van het algoritme vindt plaats in een EXCEL spreadsheet. De invoergegevens en het resultaat worden in een aparte worksheet opgeslagen. De benodigde gegevens voor de situatie in 2010, de IR profielen per ongevalsscenario, worden per baan kop in een worksheet opgeslagen.

De situatie in 2010 wordt voor de luchthaven berekend met een gemiddelde onveiligheidsratio en MTOW. Voor de tussentijdse toetsing dienen deze gegevens bekend te zijn, afgeleid uit een overzicht van de vliegbewegingen naar vliegtuigtype. Tevens dient het aantal vliegbewegingen per baan en per richting onderscheiden naar starts en landingen bekend te zijn.

Met dit algoritme is het mogelijk ook andere risicomaten dan het oppervlak van een risico zone te berekenen, bijvoorbeeld de afstand in het verlengde van de baan tot een bepaalde waarde van het IR.

Een vereenvoudiging van dit algoritme is mogelijk door uit te gaan van risicoprofielen die onafhankelijk berekend worden van de routestructuur. De risico zone voor elke baan kop is dan af te leiden uit drie basis risicoprofielen voor starts, landingen met undershoot en landingen met overshoot. Met deze risicoprofielen kan het oppervlak van de risico zone in een actuele situatie en de situatie in 2010 benaderd worden. Het quotiënt van deze berekende waarden kan dan als maat gebruikt worden voor de verandering van de actuele risico zone ten opzichte van de gewenste risico zone. Deze vereenvoudiging is betrouwbaar als de invloed van de routestructuur op het oppervlak van de risico zones gering is.

## 2. Vereenvoudigd algoritme

Voor een baan kop kan het oppervlak van een risico zone in een actuele situatie als volgt worden gerelateerd aan het oppervlak in 2010:

---

$$O = \{ (n / n_{2010}) * (o / o_{2010}) * (g / g_{2010}) \}^c * O_{2010}$$

Met:

- O : Het oppervlak binnen een IR-grenswaarde.
- c : Exponent afhankelijk van de waarde van O<sub>2010</sub> zoals hierna wordt toegelicht.
- n : Aantal vliegbewegingen per jaar.
- o : Een gemiddelde onveiligheidsratio.
- g : Het gemiddelde MTOW.

Het aantal vliegbewegingen per jaar n is als volgt gedefinieerd:

$$n = n_s + n_{lu} + n_{lo}$$

De aanduiding s, lu en lo staan voor respectievelijk starts, landingen met mogelijk een undershoot en landingen met mogelijk een overshoot.

De gemiddelde onveiligheidsratio o is als volgt gedefinieerd:

$$o = (a_s * n_s * o_s + a_{lu} * n_{lu} * o_{lu} + a_{lo} * n_{lo} * o_{lo}) / n$$

Hierin zijn de onveiligheidsratio's o de gemiddelde waarden afgeleid voor de luchthaven voor de drie ongevalsscenario's. De constanten a geven de relatieve bijdrage van de drie ongevalsscenario's op het risico veroorzaakt door het verschil in de ongevalsspreiding. Het verschil in ongevalsspreiding suggereert een ongeveer gelijke invloed van starts en landingen met undershoot en een geringe invloed van landingen met overshoot. De waarde van a voor de eerste twee genoemde ongevalsscenario's is dan bijvoorbeeld 0.45 en voor de laatste 0.1.

De exponent c dient te worden bepaald uit de berekeningsresultaten van het model dat voor de situatie in 2010 wordt gebruikt. Om te vermijden dat er veel met het uitgebreide risicomodel moet worden gerekend kan de benaderingsmethode beschreven in paragraaf 1 van deze bijlage gebruikt worden. In een figuur wordt uitgezet het oppervlak voor bepaalde waarden van het IR tegen de hierboven gedefinieerde risico massa (het product van n, o en g). De helling van de lijnen in deze figuur is maatgevend voor de waarde van de exponent c. Tevens kan geëvalueerd worden of de vergelijking voor de gemiddelde onveiligheidsratio o op de juiste wijze rekening houdt met de afhankelijkheid van het relatieve aantal starts en landingen.

Analoog aan hetgeen hiervoor is gesteld kan deze berekening ook onafhankelijk van de routestructuur worden uitgevoerd.

---

### 3. Hybride algoritme

Voor een baankop kan het oppervlak van een risico zone in een actuele situatie als volgt worden gerelateerd aan het oppervlak in 2010:

$$O = \{ IR / IR_{2010} \}^c * O_{2010}$$

Met:

- O : Het oppervlak binnen een IR-grenswaarde.  
IR : Het individueel risico in een bepaald ijkpunt.  
c : Exponent afhankelijk van de waarde van  $O_{2010}$  zoals hierna wordt toegelicht.

De uitwerking van het algoritme vereist de volgende gegevens voor de situatie in 2010:

- Een figuur van het oppervlak binnen verschillende IR-waarden versus de IR-waarde voor het bepalen van de exponent c.
- De bijdrage aan het IR in de ijkpunten door de verschillende ongevalsscenario's.

Het IR in het ijkpunt voor de actuele situatie kan worden bepaald volgens de vergelijkingen in paragraaf 2.4.

Dit algoritme veronderstelt dat de relatieve verandering van het IR in het ijkpunt een goede maat is voor de verandering van het oppervlak van de risico zone. Deze veronderstelling dient getoetst te worden in samenhang met de te kiezen locatie van de ijkpunten voor de verschillende risico zones. Deze toetsing kan voor een baankop uitgevoerd worden met de dwarsprofielen die als invoergegevens nodig zijn voor het uitgebreide algoritme beschreven in paragraaf 1 van deze bijlage. Mogelijk is dat de vorm van de risico zone bepaalt waar het ijkpunt dient te liggen. Bij een uivormige risico zone zal het ijkpunt bijvoorbeeld kunnen liggen op de maatgevende IR-contour halverwege de ui, bij een niet uivormige langgerekte risicozone dient wellicht een andere keus gemaakt te worden.

### 4. Responsoppervlak algoritme

Voor een baankop kan het oppervlak van een risico zone in een actuele situatie als volgt worden gerelateerd aan het oppervlak in 2010:

$$O = O_{2010} + \sum a_i (z_i - z_{i2010})$$

Met:

- O : Het oppervlak binnen een IR-grenswaarde  
 $z_i$  : De risico massa voor een ongevalsscenario (het product van n, o en g)  
 $a_i$  : Coëfficiënt die voor verschillende waarden van z bepaald wordt als  
(  $O_{i1} - O_{2010}$  ) / (  $z_{i1} - z_{i2010}$  ) als  $z_{i1} > z_{i2010}$   
(  $O_{i2} - O_{2010}$  ) / (  $z_{i2} - z_{i2010}$  ) als  $z_{i2} < z_{i2010}$

Uitgaande van de drie eerder gedefinieerde ongevalsscenario's moeten er per baankop zes runs met het risicomodel uitgevoerd worden ter bepaling van de coëfficiënten a. Bij elke run wordt één waarde van z gevarieerd, de andere houden de waarde voor 2010. De waarde van z wordt zo gekozen dat de mogelijk geachte range van waarden wordt gedekt. Door een verstandige keuze van de variaties kunnen met een run van het model de coëfficiënten van meerdere baankoppen worden bepaald.

Variaties zijn mogelijk in de vorm van het responsoppervlak. Voor een nauwkeuriger responsoppervlak zijn echter meer runs met het risicomodel nodig ter bepaling van de coëfficiënten.

---

## 5. Discussie

In deze paragraaf worden de besproken algoritmen onderling vergeleken. Er geldt dat de te verrichten inspanning voor uitwerking en implementatie afhangt van het wel of niet vereenvoudigen door te veronderstellen dat de risico zone onafhankelijk is de routestructuur. Bij de vergelijking is verondersteld dat deze optie tot vereenvoudiging niet wordt gebruikt.

Het uitgebreid algoritme leidt tot een nauwkeurig resultaat. De implementatie vereist echter een relatief grote inspanning, omdat de risicoprofielen in detail moeten worden vastgesteld.

Het vereenvoudigd algoritme heeft als nadeel dat de nauwkeurigheid van het resultaat af lijkt te hangen van de wijze waarop de bijdrage van de verschillende ongevalsscenario's onderling wordt gewogen in de gedefinieerde onveiligheidsratio. Dit aspect dient verder geëvalueerd te worden. Voor het praktische gebruik van het algoritme hoeft dit niet zo relevant te zijn, als de onderlinge verhouding van de desbetreffende vliegbewegingen voor een baanloop maar (nagenoeg) gelijk blijft. Voor de figuur van het oppervlak versus de gedefinieerde risico massa voor verschillende IR-waarden zijn een aantal runs met het risicomodel nodig. De vereiste inspanning is kleiner dan bij het uitgebreide algoritme, omdat hier alleen het oppervlak nodig is.

Het hybride algoritme heeft als nadeel dat de nauwkeurigheid van het resultaat af lijkt te hangen van de keuze van de locatie van de ijkpunten. Dit aspect dient verder geëvalueerd te worden. De implementatie vereist minder inspanning dan bij het uitgebreid en vereenvoudigd algoritme. De figuur van het oppervlak versus IR-waarde volgt uit de run met het risicomodel voor 2010. De bijdragen aan het IR in de ijkpunten door de onderscheiden ongevalsscenario's dient met aparte runs met het risicomodel vastgesteld te worden.

Het responsoppervlak algoritme geeft een benadering van het actuele oppervlak rond het oppervlak berekend voor 2010. Deze benadering lijkt voldoende nauwkeurig voor het toepassen van het toetsingscriterium. Er zijn een aantal runs met het risicomodel nodig om de parameters vast te kunnen stellen.

Afwijkingen van de voor 2010 veronderstelde routestructuur kunnen met de voorgestelde algoritmen niet geëvalueerd worden. Bij het implementeren van een algoritme zou geëvalueerd kunnen worden hoe de routestructuur de ligging en omvang van de risico zones beïnvloedt.



---

## Colofon

© december 1999

Dit rapport maakt onderdeel uit van de onderzoeken die in het kader de nota 'Toekomst van de nationale luchthaven' zijn verricht. De nota is een uitgave van het ministerie van Verkeer en Waterstaat in samenwerking met de ministeries van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en van Economische Zaken.

Drukwerk omslag: Kwak, Van Daalen & Ronday

Drukwerk binnenwerk: Reprografische Dienst, ministerie van Verkeer en Waterstaat

Bestelnummer: RLD 179

Bestellen: Ministerie van Verkeer en Waterstaat  
telefoon: 070 - 351 7086  
telefax: 070 - 351 6111