

Berekeningswijze externe veiligheid van luchthavens

Opdrachtgever: n.v.t.
Datum: 12 maart 2007
Briefnummer: n.v.t.
Uitvoerder: Centrum Externe Veiligheid (cev@rivm.nl)

Voor het berekenen van de externe veiligheid van luchthavens heeft het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium (NLR) een drietal modellen ontwikkeld; één voor Schiphol, één voor regionale luchthavens en één voor militaire luchthavens. De exacte beschrijving van de berekeningswijze is te vinden in het rapport “Voorschrift en rekenprocedure voor de berekening van Externe Veiligheid rond luchthavens” (NLR-CR-2004-083). Hieronder wordt de berekeningswijze van het plaatsgebonden risico en het groepsrisico vereenvoudigd en schematisch weergegeven.

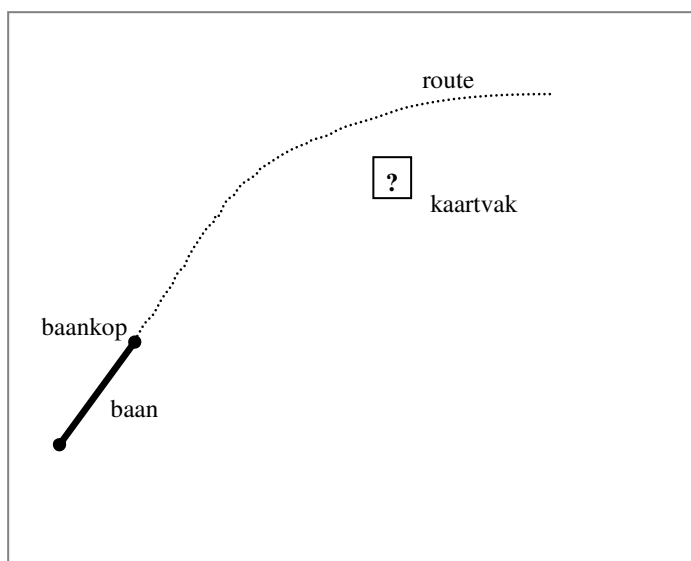
1. Plaatsgebonden risico

Definitie:

Het plaatsgebonden risico (PR) geeft per locatie de kans om te overlijden ten gevolge van een ongeval weer. De kans heeft betrekking op een (fictief) persoon die permanent op die plaats aanwezig is.

Stap 1.

Gegeven een beweging (bijvoorbeeld een start van een DC-10 vanaf een zekere baankop en met een voorgenoemen route) wordt de kans bepaald dat het vliegtuig neerstort in een bepaald kaartvak, en dat voor alle kaartvakken. Formeel: de kans dat de centrumcoördinaat van het ongeval in het te beschouwen kaartvak ligt.



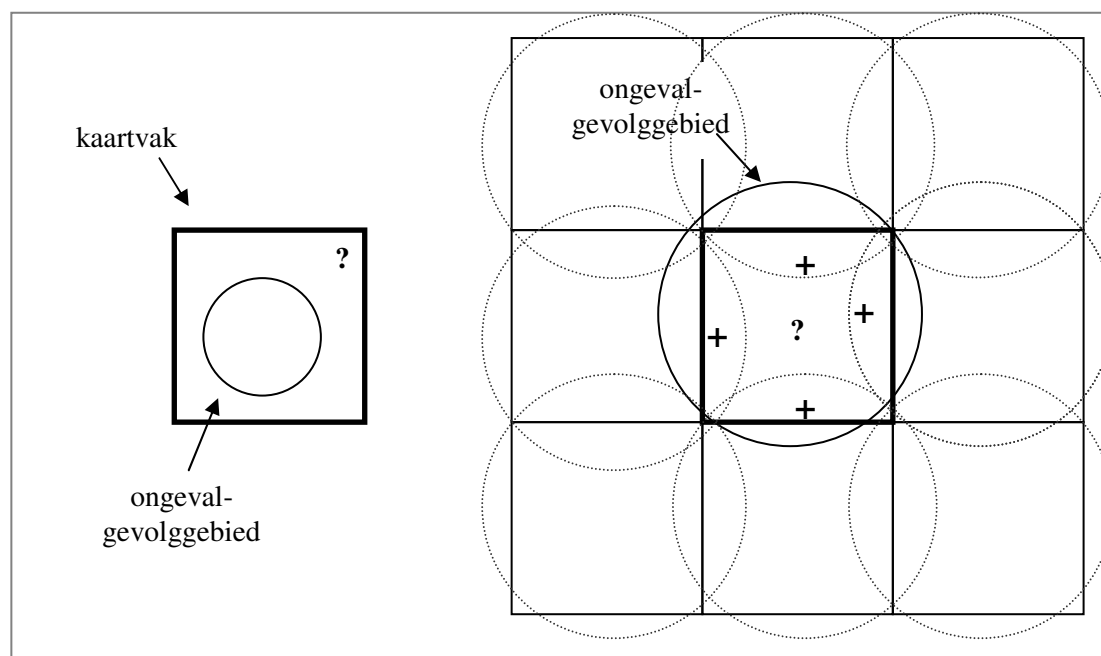
Berekeningswijze externe veiligheid van luchthavens

Deze kans is afhankelijk van:

- de ongevalskans; feitelijk de kans op een start-overrun, start-overshoot, landing-overrun, of landing-overshoot;
- de locatieverdeling van de verschillende ongevalstypen (waar komen ze terecht?); deze locatieverdeling is baankop- en route-afhankelijk..

Stap 2.

Gegeven de kans op een ongeval in een bepaald kaartvak (stap 1), wordt vervolgens bepaald wat de kans is dat een willekeurig punt in het kaartvak wordt geraakt door een neerstortend vliegtuig of onderdelen daarvan. Formeel: de kans dat een willekeurig punt in een kaartvak binnen het ongevalgevolgebied ligt.



- Als het ongevalgevolgebied kleiner is dan het kaartvak (linker figuur), dan wordt aangenomen dat de kans dat een willekeurige plek geraakt wordt, gelijk is aan de verhouding van de grootte van het ongevalgevolgebied en de grootte van het kaartvak. De in stap 1 berekende kans wordt daarom met deze verhouding vermenigvuldigd.
- Als het ongevalgevolgebied groter is dan het kaartvak (rechter figuur), dan worden ook de omliggende kaartvakken beschouwd. Een ongeval waarvan het middelpunt in een aangrenzend kaartvak ligt, kan in dit geval immers ook een effect hebben in het te beschouwen kaartvak.

De ongevallen waarvan het middelpunt in het te beschouwen kaartvak ligt, dragen voor 100% bij aan de kans dat een willekeurig punt in het te beschouwen kaartvak geraakt wordt (het hele kaartvak ligt immer binnen het ongevalgebied). De omliggende kaartvakken dragen bij naar rato van het overlappende oppervlak (het stuk ongevalgevolgebied dat binnen het te beschouwen kaartvak ligt). Voor het centrale

Berekeningswijze externe veiligheid van luchthavens kaartvak betekent dit dat ook de bijdrage wordt meegenomen van de vier cirkelstukjes die binnen het centrale kaartvak liggen (aangegeven met een +-teken).

Rekenvoorbeelden:

- Stel dat voor een specifieke vliegbeweging het ongevalgevolgebied een omvang heeft van 0,4 hectare, het kaartvak een oppervlak heeft van 1 hectare en dat de kans op een vliegtuigongeval in het kaartvak 1×10^{-10} is. Dan is er een kans van 0,4/1 dat een willekeurige plek in het kaartvak binnen het ongevalgevolgebied ligt. De uitkomst van deze stap is dus $0,4 \times 10^{-10}$, oftewel 4×10^{-11} .
- Stel dat voor een specifieke vliegbeweging het ongevalgevolgebied een omvang heeft van 1,5 hectare, het kaartvak een oppervlak heeft van 1 hectare en dat de kans op een vliegtuigongeval in het kaartvak 1×10^{-10} is. Voor het middelste kaartvak is de kans dat een willekeurige plek in het kaartvak wordt geraakt – door een ongeval waarvan de centrumcoördinaat in dit kaartvak ligt (doorgetrokken cirkel) – gelijk aan 1. Maar er zijn ook nog (significante) bijdragen van vier gestippelde cirkels (ongevallen met de centrumcoördinaat in een aanliggend kaartvak). De overlap van elk van deze cirkels met het middelste kaartvak is ongeveer 0,1 hectare. De bijdrage van elk van die gestippelde cirkels is 0,1/1 maal de kans op het ongeval met de centrumcoördinaat in het aanliggende kaartvak (in eerste benadering ook 1×10^{-10}). De totale kans dat een willekeurig punt in het middelste kaartvak geraakt wordt is in dit geval dus (ongeveer) $1,4 \times 10^{-10}$.

De belangrijkste parameter in deze stap is de grootte van het ongevalgevolgebied ('crash area'). De grootte van het ongevalgevolgebied hangt voor civiel verkeer samen met het maximale toegestane startgewicht van het vliegtuig. Voor militaire jachtvliegtuigen hangt de grootte van het ongevalgevolgebied samen met het ongevalstype (over-/undershoot, overrun).

Stap 3.

Gegeven de kans dat een willekeurige plek in een kaartvak getroffen wordt (stap 2), wordt in stap 3 berekend hoe groot de kans is dat een fictief aanwezige persoon ook daadwerkelijk overlijdt aan de gevolgen van het ongeval. De uitkomst is dan de kans is dat een fictief persoon, die permanent op een willekeurige plaats in een kaartvak aanwezig is, overlijdt ten gevolge van een specifieke vliegbeweging van of naar het luchtvaartterrein.

De kans dat mensen die binnen een ongevalgevolgebied aanwezig zijn, overlijden ten gevolge van het ongeval (hierna: overlijdenskans), is bepaald aan de hand van historische incidenten. Dit resulteert in een vaste factor voor elk EV-model (waarbij geen rekening gehouden wordt met het aanwezig zijn binnen of buiten gebouwen).

Stap 3 betreft in feite dus een vermenigvuldiging van de in stap 2 berekende kans met een vaste factor (de overlijdenskans).

Berekeningswijze externe veiligheid van luchthavens

Stap 4.

In de stappen 1 t/m 3 is berekend hoe groot de kans is dat een fictief persoon, die permanent op een willekeurige plaats in een kaartvak aanwezig is, overlijdt ten gevolge van een specifieke vliegbeweging. In de laatste stap wordt gesommeerd over alle geplande vliegbewegingen (starts en landingen) in een scenario. Per beweging wordt de ongevalskans bepaald door het vliegtuigtype en het type beweging (start of landing). De grootte van het ongevalgevolggebied wordt bepaald door het vliegtuigtype. De baanloop en de geplande route bepalen de geografische verdeling van het risico.

De sommatie over alle bewegingen geeft de totale kans dat een fictief persoon, die permanent op een willekeurige plaats in een kaartvak aanwezig is, overlijdt ten gevolge van een (willekeurige) vliegbeweging van of naar het luchtvaartterrein. Dit is gelijk aan het gemiddelde plaatsgebonden risico in een kaartvak.

2. Groepsrisico

Definitie:

Het groepsrisico (GR) is een maat voor de kans dat bij een ongeval meerdere personen overlijden. Er wordt berekend hoe groot de kans is dat er bij een ongeval N of meer personen overlijden, voor verschillende aantallen N. Hierbij wordt alleen gekeken naar de slachtoffers op de grond, de inzittenden van het vliegtuig vallen niet onder het domein externe veiligheid.

Stap 1.

De eerste stap is gelijk aan de eerste stap in de PR-berekening:

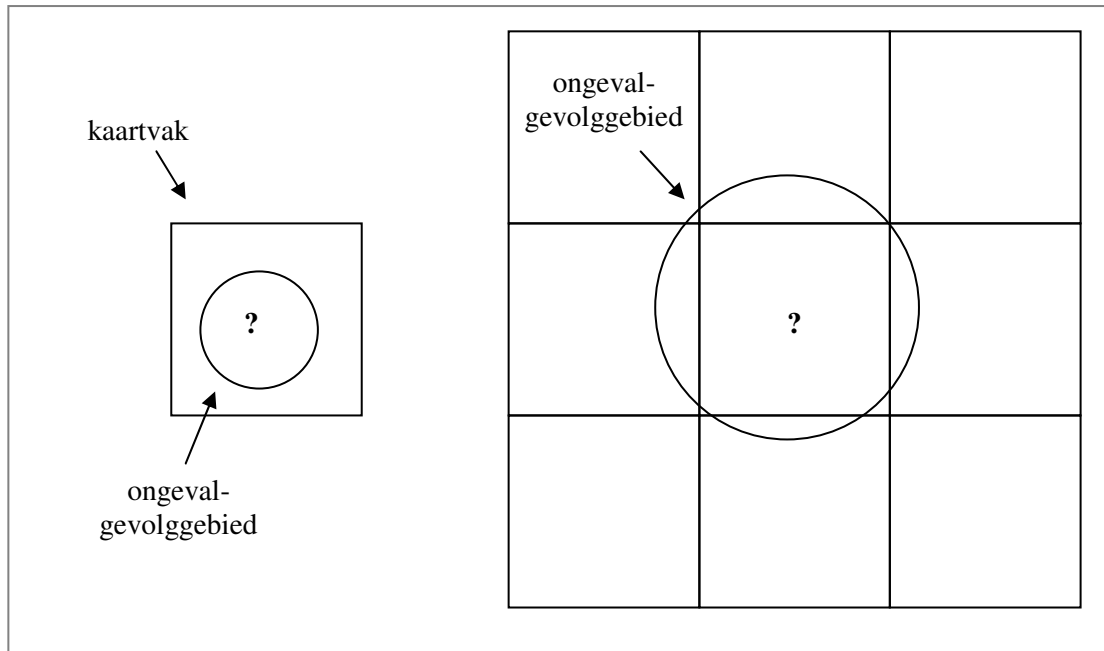
Gegeven een beweging (bijvoorbeeld een start van een DC-10 vanaf een zekere baanloop en met een voorgenomen route) wordt de kans bepaald dat het vliegtuig neerstort in een bepaald kaartvak, en dat voor alle kaartvakken. Formeel: de kans dat de centrumcoördinaat van het ongeval in het te beschouwen kaartvak ligt.

Stap 2.

Gegeven de kans op een ongeval in een bepaald kaartvak (stap 1), wordt vervolgens bepaald hoeveel slachtoffers er binnen het ongevalgevolggebied aanwezig zijn. Indien nodig, worden ook aanwezigen in buurcellen meegenomen (zie rechter figuur).

Er wordt aangenomen dat mensen homogeen verspreid over een kaartvak aanwezig zijn.

Berekeningswijze externe veiligheid van luchthavens



Rekenvoorbeelden:

- Stel dat het ongevalgevolggebied een omvang heeft van 0,4 hectare, het kaartvak een oppervlak van 1 hectare en stel dat er 100 mensen in het kaartvak aanwezig zijn. Het aantal aanwezigen binnen het ongevalgevolggebied is dan gelijk aan 40.
- Stel dat het ongevalgevolggebied groter is dan 1 hectare, dan worden ook aanwezigen in buurcellen meegenomen (evenredig met het overlappende oppervlak). Het aantal aanwezigen binnen het ongevalgevolggebied kan in dit voorbeeld dus ook groter worden dan 100, bijvoorbeeld 150 (afhankelijk van de aanwezigheidsaantallen in de buurcellen).

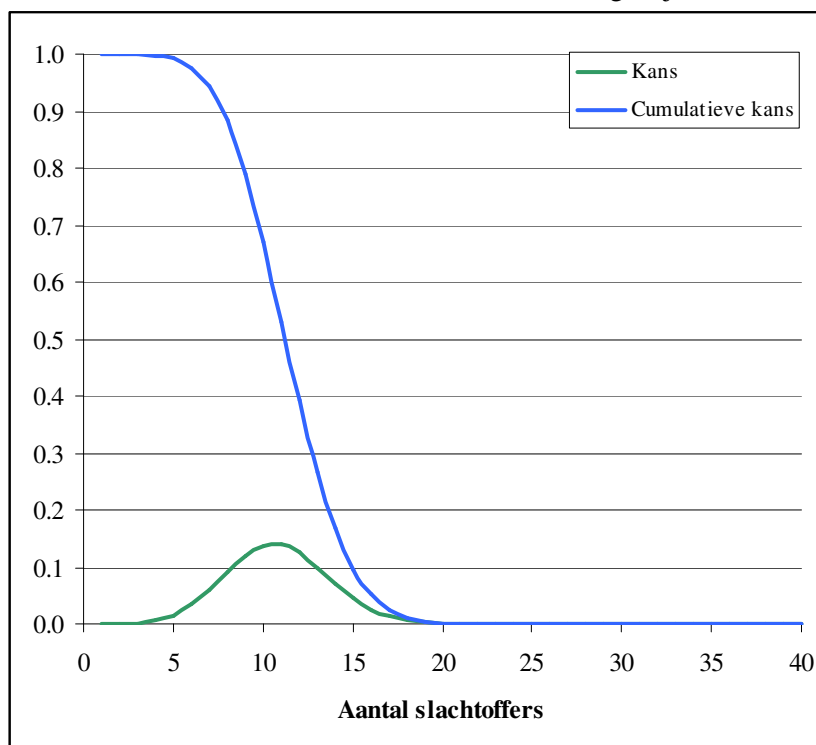
Stap 3.

Gegeven het aantal aanwezigen binnen een ongevalgevolggebied (stap 2), wordt in stap 3 berekend wat de kans is op verschillende slachtofferaantallen. Hierbij wordt aangenomen dat elk persoon een vaste maar onafhankelijke overlijdenskans heeft (vergelijkbaar met de kansberekening voor N worpen met een dobbelsteen). N.B. Merk op dat het ditmaal gaat om werkelijk aanwezige mensen, niet om fictief aanwezige mensen.

Rekenvoorbeeld:

Stel dat er 40 mensen in het ongevalgevolggebied aanwezig zijn en dat de overlijdenskans voor elk van de personen 0,27 is. Er is dan een hele kleine kans dat er geen dodelijke slachtoffers vallen, een grote kans dat er ongeveer 10 doden vallen en weer een kleine kans dat er 20 doden vallen (zie groene lijn in figuur). In de berekening van groepsrisico worden kansen cumulatief bepaald, dus niet de kans op 10 slachtoffers, maar de kans op 10 of meer slachtoffers (zie blauwe lijn in figuur).

Berekeningswijze externe veiligheid van luchthavens



Stap 4.

In de stappen 1 t/m 3 is berekend hoe groot de kans is dat een vliegbeweging neerstort in een te beschouwen kaartvak (middencoördinaat van het ongeval), en hoe groot de vervol kans is op verschillende slachtofferaantallen. In de laatste stap wordt gesommeerd over alle geplande vliegbewegingen (starts en landingen) in een scenario. Dit geeft per kaartvak een totale kans op 1 of meer slachtoffers, een totale kans op 2 of meer slachtoffers, etc.

Door te sommeren over alle kaartvakken ontstaat een totale kans op 1 of meer slachtoffers, een totale kans op 2 of meer slachtoffers, etc., voor het hele studiegebied.

Nadere specificatie: onderscheid naar de situatie overdag en 's nachts

Het groepsrisico gaat uit van de mensen die werkelijk aanwezig zijn. Dit aantal aanwezigen (per kaartvak) verschilt in de praktijk sterk op verschillende momenten van de dag. In de berekeningen wordt daarom onderscheid gemaakt naar de situatie overdag (waarin mensen aanwezig zijn in woningen, bedrijven, instellingen, detailhandel, etc.) en de situatie 's nachts (waarin mensen voornamelijk thuis zijn). Het vliegverkeer wordt op vergelijkbare wijze onderscheiden naar een deel dat overdag vliegt en een deel dat 's nachts vliegt. Het vliegverkeer overdag wordt vervolgens gekoppeld aan de populatiebestanden voor de dag, en het vliegverkeer 's nachts aan de populatiebestanden voor de nacht. De twee uitkomsten worden vervolgens opgeteld, zodat een totaalbeeld voor het groepsrisico ontstaat.

De uitsplitsing naar dag en nacht sluit idealiter zo goed mogelijk aan bij het leefritme van mensen (waarin de 40-urige werkweek een belangrijke component is).