

# **Essay over veiligheid en risico**

J.K..Vrijling  
24/01/2008

## **1 Inleiding**

Nederland raakt steeds dichter bevolkt. Om de welvaart te behouden moeten tal van industrieën niet alleen in bedrijf blijven, maar ook op steeds grotere schaal werken. Vaak is het gebruik en het transport van gevaarlijke stoffen en de opslag van grote hoeveelheden energie daarbij vereist. Daar kleven risico's aan. Enerzijds door de toenemende schaal van de activiteiten anderzijds door de toenemende bevolkingsdichtheid. Het balanceren van het economisch gewin met de aanvaardbaarheid van risico's vergt nu en in de toekomst voortdurend aandacht. De kunst daarbij is de denkmodellen en het beleid zodanig bij de tijd te houden dat wij niet verrast worden door de demografische of technische ontwikkelingen of door veranderingen in de risicotolerantie van het publiek.

## **2 Het risico**

Risico wordt aangeduid als de kans op een ongeval verbonden met de gevolgen. De gevolgen van een ramp zijn sterk afhankelijk van het type ongeval. Een grote brand, een explosie, een emissie van toxisch gas en een overstroming hebben elk hun eigen specifieke patroon van gevolgen. Bij de beschouwing van risico's en de aanvaardbaarheid daarvan ziet men meestal dat zij vaak onbewust gebonden zijn aan een bepaalde bedrijvigheid en het daarbij behorende schadepatroon. Zo hebben de gevolgberekeningen van ongevallen in de chemische industrie zich vooral gericht op het aantal doden en niet op de materiële schade, omdat dit laatste in deze gevallen waarschijnlijk ondergeschikt was. Misschien was ook het belang van de beschouwer, die zich bezig hield met ruimtelijke ordening de oorzaak van deze schematisatie van het gevolg tot één dimensie. Bij de bestudering van de schade ten gevolge van overstromingen is veel aandacht geschonken aan de materiële schade en minder aan het aantal doden. Het eerste bleek in meer of mindere mate maatgevend voor de keuze van de economisch aanvaardbare overstromingskans. In een aanvullende beschouwing heeft de DeltaCie het aantal doden dat zou vallen bij een overstroming van Centraal-Holland in beschouwing genomen. Dat aantal is opgenomen in de reeds gemaakte economische beschouwing middels een waardering van 100.000 ngl per mensenleven. Aangezien dit slechts een verhoging van de dijk met 3 cm (Deltarapport deel 3) tot gevolg had, hebben de Cie en latere beleidsmensen er weinig aandacht meer aan geschonken.

In het algemeen is de schade bij een ongeval echter veel omvattend (in navolging van Ravezwaaij, 1994):

- I Effecten op mensen
  - directe doden
  - directe gewonden, zieken, gehandicapten

- late doden t.g.v. korte blootstelling
- late zieken t.g.v. korte blootstelling
- late doden t.g.v. langdurige blootstelling
- late zieken t.g.v. langdurige blootstelling
- evacuatie
- sociaal-psychologische effecten
- II Effecten op goederen en gebieden
  - schade aan kapitaalgoederen in gebieden
  - schade aan infrastructuur (wegen,water,gas,etc.)
  - Indirecte schade: verlies aan inkomen
  - multiplier effecten
  - verlies aan vertrouwen
- III Effecten op plant en dier
  - schade aan ecosysteem

Om tot een beeld te komen van de omvang van de schade bij een ongeval wordt het totale effect meestal geschematiseerd tot het voor de beslissing belangrijkste deel. Zo concentreerde men zich in het ene geval op de materiële schade uitgedrukt in geld en in het andere geval op het aantal doden.

Het voordeel van deze schematisaties is de eenvoud van de kwantitatieve analyse. Het nadeel is evenwel de gebrekkige afbeelding van het totale effect van een ramp. Er kunnen daardoor gemakkelijk verschillen ontstaan tussen de modelmatige kwantitatieve benadering van de aanvaardbaarheid van het risico en het werkelijke maatschappelijke oordeel.

Een goede middenweg is het aangeven van de gevolgen in ten minste de aangegeven drie dimensies; aantallen doden, materiële schade (euro) en milieuschade (nog te bepalen maat)

Het plaatsgebonden risico en het groepsrisico zijn gebruikelijk bij het beschrijven van risico's uitgedrukt in mensenlevens. Deze beide beschrijvingen zouden ook voor de twee andere dimensies moeten worden beproefd. De eerste geeft dan de kans op volledige verwoesting als functie van de plaats op de kaart, de tweede legt de omvang van het gevolg vast als functie van de overschrijdingskans. Voor de materiële schade wordt de bekende FN-curve omgezet in de FS-curve waarbij langs de horizontale as de schade in euro's wordt gemeten.

Er is nog een aspect waarin de beleving van het gevolg van een ongeval kan verschillen van de gebruikelijke maat de FN-curve. Uit de aard van de toepassing in de ruimtelijke ordening wordt het afgebeelde gevolg beperkt tot het aantal slachtoffers onder derden c.q. omwonenden. Medewerkers, gebruikers en bezoekers van de activiteit worden niet in de berekening betrokken en tellen niet mee bij het opstellen van de FN-curve. Voor de gebruikelijke installaties met gevaarlijke stoffen zal het verschil misschien niet groot zijn, maar de FN-curve van bijv Schiphol geeft aan dat circa 50 mensen zullen omkomen bij het neerstorten van een vliegtuig. In werkelijkheid zal het gevolg veel groter zijn, omdat behalve de omwonenden op de plaats van inslag ook de passagiers en de bemanning zullen omkomen. Hoewel deze twee categorieën geen verband houden met de

problematiek van de ruimtelijke ordening kan het verschil tussen het beschouwde aantal van 50 en het werkelijke aantal slachtoffers van 200-300 schokkend zijn. De automobilisten, die in de file staan op de snelweg langs Schiphol worden ook niet meegenomen in de risico-berekeningen, hoewel zij wel tot de ruimtelijke ordening kunnen worden gerekend.

Een ander voorbeeld is een tijdelijk door een grote mensenmenigte bevolkte sportinrichting als een zwembad of een stadion nabij de gevaarsbron. Het additionele risico van een dergelijke aantal tijdelijke aanwezige mensen hoort opgenomen te zijn in de FN-curve.

Een andere leemte in de huidige wijze van bepaling van het risico is de beperking tot één enkele installatie of één kilometer transportas. Door deze wijze van beschouwen en toetsen kan een zo groot aantal installaties, die elk op zich aan de eisen voldoen, worden neergezet, dat de totale dreiging van deze installaties samen onaanvaardbaar wordt. Het lijkt wijs om voor een stad of een regio de som van de risico's te bepalen om een getrouw beeld van het totale risico van een activiteit te krijgen. Mogelijk vloeit uit deze waarnemingen op den duur een regionale of nationale normstelling voort. Sommigen menen dat het BEVI, dat vraagt naar de veiligheid van een bestemmingsplan, hiervoor aanknopingspunten biedt.

Per installatie zouden de volgende aspecten van het risico dienen te worden aangegeven:

	Medewerkers	Gebruikers	Derden
Mensenlevens			
Kapitaalgoederen/economie			
Milieu			

Tevens zou deze aspecten van het geaggregeerde risico voor de regio of zelfs de natie moeten worden aangegeven.

Bij de beveiliging tegen hoogwater werd sinds de DeltaCie de gehele tweede rij (economisch risico) ingevuld, in het project Veiligheid Nederland in Kaart wordt daar nu de eerste rij (mensenlevens) aan toegevoegd. Ook wordt daar steeds het risico voor een polder bepaald.

Ten aanzien van het milieu-risico bij overstromingen moet worden opgemerkt dat op dat gebied slechts inleidende studies zijn verricht binnen Delft Cluster.

Om zo'n goed mogelijke beschrijving van de maatschappelijke beleving van een risico te komen is het aan te bevelen steeds het totale hierboven aangegeven stelsel in beschouwing te nemen. Dit is een verbetering t.o.v. de verschillende deelbeschouwingen, doch nog steeds een aanmerkelijke schematisatie, met name omdat gewonden en uitgestelde doden niet in aanmerking worden genomen.

Het plaatsgebonden risico is de kans dat op een bepaalde plaats de totale verwoesting plaatsvindt. Een mens verliest het leven, een kapitaalgoed of het milieu gaan volledig verloren.

Men zou ook een kaart moeten trachten te maken waarop het risico van alle installaties van een bepaalde activiteit in de regio is weer gegeven.

Het groeps-risico wordt beschreven door de kansverdeling van het totaal aantal doden per jaar per installatie (puntbron) of per woongemeenschap (lijnbron) t.g.v. een bepaalde activiteit. Een goede indicatie van deze verdeling is te geven middels de verwachtingswaarde  $\mu$  en de spreiding  $\sigma$ .

Het totaal groeps-risico wordt beschreven door de kansverdeling van het totaal aantal doden per jaar in Nederland of een regio t.g.v. een bepaalde activiteit. Een goede indicatie van deze verdeling is te geven door de verwachtingswaarde  $\mu$  en de spreiding  $\sigma$

Het economisch risico wordt aangeduid door de kansverdeling van de materiele schade per jaar op een bepaalde locatie waar de activiteit plaats vindt. De karakterisering van dit risico door de verwachtingswaarde en de spreiding is eveneens mogelijk

Het Totaal Economisch Risico wordt aangegeven door de kansverdeling van de totale economische schade die per jaar door een bepaalde activiteit in de regio of het land wordt veroorzaakt. Ook dit risico kan worden gekarakteriseerd door de verwachtingswaarde en de spreiding. In de beschouwingen van de DeltaCie werd de verwachtingswaarde van de schade in de regio Centraal-Holland in beschouwing genomen.

Het Milieu Risico (MR) geeft de kansverdeling van de milieuschade per lokatie (puntbron) of per natuurgebied (lijnbron) per jaar. De eenheid waarin deze schade beschreven moet worden is nog onduidelijk. Enerzijds speelt het verlies aan individuele organismen anderszijds de ondergang van een lokaal ecosysteem.

Geheel in lijn met het voorgaande geeft het Totaal Milieu Risico (TMR) de totale schade aan het milieu per jaar behorend bij een bepaalde activiteit in een regio of in Nederland aan.

### 3. Crisisbeheersing

Bij grote ongevallen waarin gevaarlijke stoffen betrokken zijn of dreigen te geraken ontwikkelt zich normaal gesproken een complexe, onoverzichtelijke situatie, die volop heerst op het moment dat de hulpverleners arriveren. In die situatie kan op drie fronten schadevorming plaatsgevonden hebben of langdurig plaatsvinden:

- Ontwikkeling van letselslachtoffers
- Ontwikkeling materiële schade
- Ontwikkeling milieuschade

Bij de beoordeling van de aanvaardbaarheid van de bouw van een gevaarlijke installatie of een gebouw in de buurt daarvan, de externe veiligheidscomponent van de ruimtelijke ordening, wordt juist deze onwaarschijnlijke maar mogelijk omvangrijke schade in aanmerking genomen. Het complexe gevolg van het potentiële ongeval wordt echter zoals reeds vermeld, teruggebracht tot één dimensie en aangegeven door het aantal doden te berekenen verbonden met de kans (FN-curve). Ook berekent men kans op overlijden van een individu als functie van de plaats (Individueel Risico of risicocontouren) rond de installatie onder de veronderstelling dat hij daar 24 u per dag onbeschermd aanwezig is. Omdat men zich een beeld wil vormen van de aanvaardbaarheid kiest men voor een conservatieve benadering, waarin het effect van vluchten (zelfredzaamheid) en hulpverlening wordt verwaarloosd. Tot slot werd hierboven opgemerkt dat de EV

beschouwing als onderdeel van de RO zich tot de effecten voor derden. De werknemers/gebruikers van de installatie worden buiten beschouwing gelaten.

De hulpverlening wordt echter met **alle** gevolgen van een ongeval geconfronteerd.

De hulpverleners moeten in korte tijd beslissen in hoeverre hun inzet de schadeontwikkelingen kan stoppen. Men spreekt wel van het 'gouden uur' van de hulpverlening. In de op te zetten beschouwing van de hulpvraag dient aandacht te worden geschonken aan alle drie typen van schade (mens, economie en milieu), maar zal het accent vooral liggen bij de letselslachtoffers in elk van de drie categorieën, personeel, gebruikers en derden en bij de materiele schade. Gezien de taak van de hulpverlening is het dus ten minste nodig de schade en de gewonden in beeld te brengen naast de doden. Mogelijk wordt de hulpvraag zelfs gekarakteriseerd door vijf maten: het aantal doden, het aantal gewonden, de materiele schade, de omgeving en de milieuschade. In hoofdlijn zouden deze aantallen de inzet bepalen van respectievelijk de geneeskundige hulp, de brandweer, de politie en de gemeente. Het beperken van de milieuschade is wellicht ook een taak voor de brandweer. Deze indeling vertoont gelijkenis met de in de Leidraad Maatramp aangegeven processen.

Daar komt nog een tweede verschil tussen de RO en de hulpverlening bij. De EV/RO beperkt zoals reeds uitvoerig opgemerkt, de analyse telkens tot één installatie. De hulpverlening zich moet voorbereiden op de geaggregeerde hulpvraag van de gemeente of de regio. Die is niet beperkt tot EV-plichtige installaties maar omvat ook ongevallen als branden, zware aanrijdingen, instortingen etc. De Leidraad Maatramp geeft 18 ramptypen die elk een extreme hulpvraag kunnen veroorzaken. De kans op een groot ongeval met een EV-installatie is erg klein. Dat geldt ook voor de andere ramptypen. Om tot een goed beeld te komen van de hulpvraag dient men de FN-curven en de FS-curven van de installaties (chemische installaties, stadia, kruispunten, etc) die tot de rampen kunnen leiden te sommeren

Het gaat dus niet alleen om de bekende discrepantie tussen de risicobenadering die gehanteerd wordt in het milieu- en ruimtelijke ordeningsbeleid en de effectbenadering (zonder kansbeschouwing) die gangbaar is in de hulpverlenerswereld, maar ook om een minder bekend verschil tussen de analyse van één enkel geval in de eerste en het schatten van de geaggregeerde hulpvraag in de tweede wereld.

Bij die geaggregeerde hulpvraag, die uitgedrukt kan worden in een FN-curve voor doden en gewonden en een FS-curve voor de schade zullen de 18 ramptypen hoogstwaarschijnlijk alleen de uiterste rechter staart van de curve bepalen. Het belangrijkste deel aan de linkerzijde wordt bepaald door de dagelijkse hulpvraag van kleine ongevallen en wanordelijkheden. In tegenstelling tot de bij EV gebruikelijke FN-curven zullen deze curven voor de hulpvraag beginnen bij 1.0

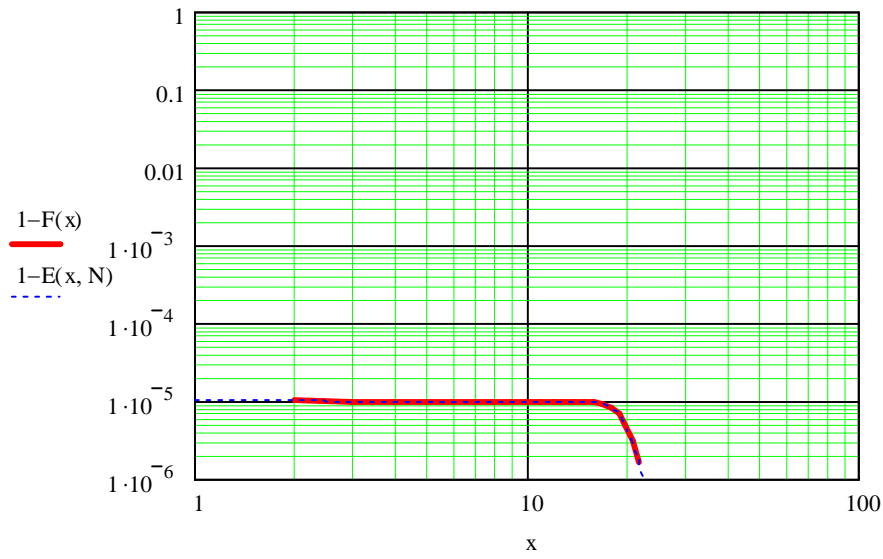


Fig 1 De FN-curve op log schaal voor 1 fictieve installatie

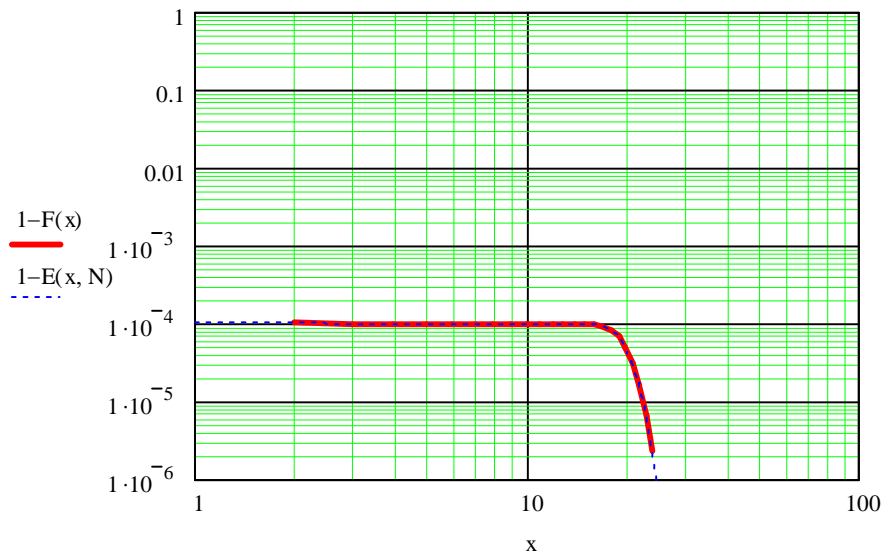


Fig 2 De geaggregeerde FN-curve op log schaal voor 10 fictieve installaties

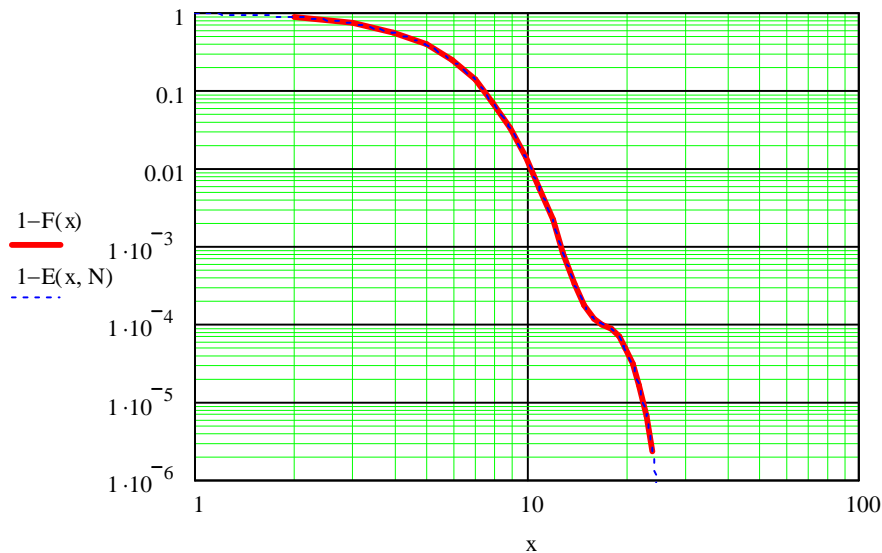


Fig 3 De geaggregeerde FN-curve op log schaal voor 10 fictieve installaties en fictieve dagelijkse ongevallen

#### 4 De veiligheidsketen

Er is in Den Haag veel belangstelling voor crisisbeheersing. De schrijvende taferelen van de overstromingen in New Orleans, de vuurwerkkramp in Enschede en de cafébrand in Volendam zijn daar waarschijnlijk de oorzaak van. Bij grote rampen blijkt telkens hoe beperkt ons vermogen is om de gevolgen te verkleinen.

Omdat een risicoloze samenleving niet bestaat, lijkt een grote nadruk op crisisbeheersing cruciaal. De bekende stelregel is: Rampen kun je niet plannen, maar de voorbereiding wel.

Er is ook een denkmodel “de veiligheidsketen” dat daartoe dwingt. De veiligheidsketen is ingedeeld in vijf schakels of stappen:

- Pro-actie: het wegnemen van structurele oorzaken van incidenten ter voorkoming van het ontstaan daarvan.
- Preventie: het nemen van maatregelen vooraf, ter voorkoming van het ontstaan van incidenten.
- Preparatie: omvat al datgene dat moet worden voorbereid om incidenten te kunnen bestrijden.
- Repressie: de daadwerkelijke incidentbestrijding en beperking van de gevolgen.
- Nazorg: omvat al hetgeen nodig is om zo snel mogelijk de gevolgen van een incident te redresseren en in de 'normale' situatie en verhoudingen terug te keren.

Deze veiligheidsketen is een veelgebruikt hulpmiddel, omdat hij een sluitende benadering van de beveiliging van een geheel systeem suggereert. Het gebruik in de praktijk blijkt

echter verwarring en onduidelijkheid te veroorzaken. De indeling van een veiligheidsmaatregel in een van de categorieën is minder duidelijk dan het lijkt. Het aanbrengen van brandblussers kan bijvoorbeeld worden aangemerkt als *brandpreventie*, maar ook als *repressie*.

Crisisbeheersing richt zich met name op preparatie en repressie. De schakels die steunen op de inzet van de hulpdiensten. De grote nadruk die vandaag de dag wordt gelegd op crisismanagement, preparatie en repressie wordt dikwijls gemotiveerd vanuit de aandacht die jaren lang is besteed aan proactie en preventie. Dat geldt voor veel gebieden: de bescherming tegen hoogwater, de brandpreventie, de gezondheidszorg, Het achterliggende argument is dat elke schakel van de veiligheidsketen moet zijn ingevuld. Een keten is immers zo sterk als de zwakste schakel. Een keten waarvan een schakel mist, is verbroken en dan zijn de gevolgen niet te overzien. Daarom moet aandacht besteed worden aan de beheersing van de gevolgen naast de preventie. Is de veiligheidsketen inderdaad verbroken als er een schakel ontbreekt of zwak is? Is het onvoldoende als alleen de preventie is ingevuld en de repressie c.q. de hulpverlening niet?

Bij nader inzien blijkt de “veiligheidsketen” geen keten te zijn, maar een stelsel van opeenvolgende beschermingslagen. De gevolgen zijn immers pas maximaal als de dijken doorbreken **en** de redding faalt. Een stelsel van opeenvolgende, onafhankelijke beschermingslagen heeft een hoge veiligheid omdat alle lagen moeten falen voordat er een ongeval plaatsvindt. Vanuit veiligheidsoogpunt is een stelsel van meer lagen dus gewenst, maar elke extra laag brengt ook kosten met zich. Steeds staat men voor de vraag alle geld te besteden aan één laag of het te verdelen over een aantal lagen. Een eenvoudig wiskundig model van een systeem bestaande uit twee parallelle elementen geeft richting aan het denken.

- $P_{\text{sys}} = p_1 \cdot p_2$                       waar  $p$  = faalkans/j
- $\text{Risk} = p_1 \cdot p_2 \cdot D$                       waar  $S$  = schade
- 
- $\text{PV}(\text{Risk}) = p_1 \cdot p_2 \cdot S/r$                       waar  $r$  = interest
- $I = I_0 - I_1 \ln p_1 - I_2 \ln p_2$                       waar  $I_i$  = marg. kosten
- Totale kosten moeten minimaal zijn
- $\text{TC} = I_0 - I_1 \ln p_1 - I_2 \ln p_2 + p_1 \cdot p_2 \cdot S/r$
- Minimum totale kosten     $d\text{TC}/dp_1 = 0$     and     $d\text{TC}/dp_2 = 0$
- $d\text{TC}/dp_1 = I_1 / p_1 + p_2 S/r = 0$
- $d\text{TC}/dp_2 = I_2 / p_2 + p_1 S/r = 0$



- $P_{\text{sys-opt}} = \min(I_1 r/S, I_2 r/S)$
- Het optimale systeem bestaat alleen uit de laag met de laagste marginale kosten  $I_i$

Uit onderstaande figuur blijkt dat het om een randminimum gaat. In de figuur wordt alleen laag 2 aangebracht omdat die de laagste marginale kosten heeft. De economisch optimale veiligheid wordt daardoor bepaald op  $P_{\text{sys-opt}} = p_2 = I_2 r/S$

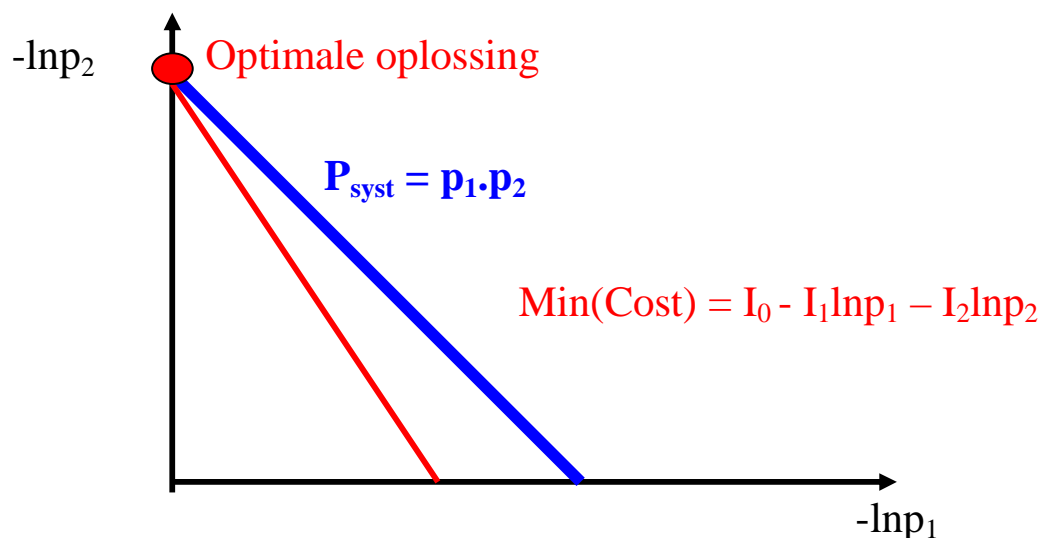


Fig 4 De grafische weergave van de oplossing met minimale kosten  $P_{\text{sys}} = p_2$

In moderne technische systemen ziet men danook vaak dat veel geïnvesteerd wordt in één betrouwbare laag. Een vliegtuig heeft één enkele wand een huis heeft één enkel dak. Als de dijken zeer betrouwbaar zijn, heeft het misschien weinig zin een uitgebreide evacuatieorganisatie op te zetten, heeft het misschien weinig zin een uitgebreide evacuatieorganisatie op te zetten. Niet alle lagen (schakels) in de veiligheidsketen hoeven maximaal ingevuld te worden om een aanvaardbaar veiligheidsniveau te bereiken. Een economische afweging is noodzakelijk. De grootste veiligheid wordt verkregen als het beschikbare budget zo effectief mogelijk wordt besteed. En dat kan betekenen dat vrijwel het gehele budget aan één laag wordt besteed en dat andere lagen /schakels minder aandacht krijgen. Toch zullen bepaalde partijen meer geld en aandacht vragen voor hun

schakel (bv. hulpverlening) op grond van het veiligheidsketenargument. Die vraag is deels terecht, omdat zij alleen verantwoordelijk zijn voor hun eigen schakel. Een beperking van de inzet van een bepaalde laag zal dus gepaard moeten gaan met een beperking van de verantwoordelijkheid.

Een illustratief voorbeeld is overstromingsveiligheid. Een grootschalige overstroming in Nederland zou kunnen leiden tot miljardenschades en duizenden slachtoffers. Toch zijn de repressie en de nazorg nauwelijks afgestemd op een dergelijke calamiteit. De waterschappen kennen alleen de dijkbewaking bij een zware storm. Repressie bij de bron van het gevaar. Op het eerste gezicht lijkt het verstandig om de evacuatie te plannen, helikopters aan te schaffen en vluchtwegen aan te leggen. Maar een euro kan maar één keer worden uitgegeven. Het aanleggen van vluchtwegen en het paraat houden van een helikoptervloot vraagt aanzienlijke investeringen en jaarlijkse kosten. En omdat de kans op een overstroming door de goede staat van de waterkeringen zeer laag is, zouden de helikopters naar verwachting slechts eens in de honderd tot duizend jaar uitvliegen. Het belastinggeld dat gemoeid is met deze investeringen en het in stand houden van de organisatie, zou waarschijnlijk beter kunnen worden gestoken in het perfect onderhouden en het zo nodig versterken van de waterkeringen. Weliswaar brengen vluchtwegen en helikopters het slachtofferaantal omlaag, maar ze kunnen de menselijke tragedie van het verlaten van huis en haard en de omvangrijke economische schade van een overstroming nauwelijks beperken. In New Orleans ligt de stad twee jaar na de overstroming economisch nog vrijwel plat en is bijna de helft van de bevolking niet teruggekeerd. Het is dus noodzakelijk de kosten/baten van evacuatie en dijkversterking tegen elkaar af te wegen.

Bij systemen waar regelmatig ongevallen optreden is repressie in de vorm van hulpverlening echter wel degelijk de moeite waard. De aanwezigheid van de hulpdiensten in onze maatschappij is daarvan het impliciete bewijs. Een lastige vraag is evenwel welke capaciteit deze diensten horen te hebben gezien de mogelijk optredende vraag naar hulp. De geaggregeerde FN-curve, die hierboven (Fig 3) werd afgeleid is daarvoor de eerste bouwsteen. Als wij voor de eenvoud van de redenering ons beperken tot het aantal gewonden, dan geeft de curve de overschrijdingskans per jaar van een bepaald aantal gewonden. Bij een bepaalde omvang van de hulpdienst kan men dus aangeven wat de kans is dat zij tekort schiet. De vraag luidt welke kans op het tekort schieten van de hulpdienst aanvaardbaar is. Dat is een politieke vraag, maar de economie kan een richting aangeven. De essentie is een vergelijking van de kosten van een extra hulpverlener met de baten in de zin van een kans op minder gewonden die toch nog overlijden. Als men aanneemt dat alleen gewonden die geholpen worden weer volledig gezond worden en dat de overigen overlijden neigt de economisch optimale overschrijdingskans naar het quotient van het jaarsalaris van een hulpverlener en de waarde van een mensenleven. De orde van grootte is dan 1/10 per jaar. Dit is een interessante uitkomst, die suggereert dat de hulpverlening zich niet zou hoeven voor te bereiden op de ongevallen die op EV gebied worden bestudeerd. Daar gaat het immers om overschrijdingskansen van  $10^{-5}$  tot  $10^{-6}$  per jaar, orden kleiner dan de gegeven indicatie voor de economisch optimale overschrijdingskans van de hulpverleningscapaciteit. Uiteraard is meer studie nodig om dit inzicht te toetsen

## 5 Conclusies

Om de welvaart in een steeds dichter bevolkt Nederland te behouden moeten tal van industrieën ook op steeds grotere schaal in bedrijf blijven. Het gebruik, het transport en de opslag van gevaarlijke stoffen en van grote hoeveelheden energie is daarbij vereist. Enerzijds door de toenemende schaal van de activiteiten anderzijds door de toenemende bevolkingsdichtheid kleven daar risico's aan. Het balanceren van het economisch gewin met de aanvaardbaarheid van risico's vergt voortdurend aandacht.

De kunst daarbij is de denkmodellen en het beleid zodanig bij de tijd te houden dat wij niet verrast worden door de demografische of technische ontwikkelingen of door veranderingen in risicotolerantie van het publiek.

De in de externe veiligheid gebruikelijke afbeelding van het risico met het plaatsgebonden risico en het groepsrisico is waarschijnlijk een onvoldoende weergave van de gevolgen van een ongeval. Het voordeel van deze schematisaties is de eenvoud van de kwantitatieve analyse en de daaruit voortvloeiende rechtszekerheid. Het nadeel is evenwel de gebrekkige afbeelding van het totale effect van een ramp. Er kunnen daardoor gemakkelijk verschillen ontstaan tussen de modelmatige kwantitatieve benadering van de aanvaardbaarheid van het risico en het werkelijke maatschappelijke oordeel.

Een goede middenweg is het aangeven van de gevolgen in tenminste de aangegeven drie dimensies; aantallen doden, materiële schade (euro) en milieuschade (nog te bepalen maat)

Een andere leemte in de huidige wijze van bepaling van het risico is de beperking tot één enkele installatie of één kilometer transportas. Door deze wijze van beschouwen en toetsen kan een zo groot aantal installaties, die elk op zich aan de eisen voldoen, worden neergezet, dat de totale dreiging van deze installaties samen onaanvaardbaar wordt. Het lijkt wijs om voor een stad of een regio de som van de risico's te bepalen om een getrouw beeld van het totale risico van een activiteit te krijgen. Mogelijk vloeit uit deze waarnemingen op den duur een regionale of nationale normstelling voort. Sommigen menen dat het BEVI, dat vraagt naar de veiligheid van een bestemmingsplan, hiervoor aanknopingspunten biedt.

De in de externe veiligheid gebruikelijke FN-curve is een te beperkte basis voor de planning van de hulpverlening. In een beschouwing van de hulpvraag dient aandacht te worden geschonken aan alle drie typen van schade (mens, economie en milieu), maar zal het accent vooral liggen bij de letselslachtoffers in elk van de drie categorieën, personeel, gebruikers en derden en bij de materiele schade. Mogelijk wordt de hulpvraag zelfs gekarakteriseerd door vijf maten: het aantal doden, het aantal gewonden, de materiele schade, de omgeving en de milieuschade. In hoofdlijn zouden deze aantallen de inzet bepalen van respectievelijk de geneeskundige hulp, de brandweer, de politie en de gemeente. Het beperken van de milieuschade is wellicht ook een tak voor de brandweer. Deze indeling vertoont gelijkenis met de in de Leidraad Maatramp aangegeven processen.

Daar komt nog een tweede verschil tussen de RO en de hulpverlening bij. De EV/RO beperkt zoals reeds uitvoerig opgemerkt, de analyse telkens tot één installatie. De hulpverlening zich moet voorbereiden op de geaggregeerde hulpvraag van de gemeente

of de regio. Die is niet beperkt tot EV-plichtige installaties maar omvat alle 18 ramptypen die elk een extreme hulpvraag kunnen veroorzaken. Om tot een goed beeld te komen van de hulpvraag dient men de FN-curven en de FS-curven van de installaties (chemische installaties, stadia, kruispunten, etc) die tot de rampen kunnen leiden te sommeren. Het gaat dus enerzijds om de bekende discrepantie tussen de risicobenadering die gehanteerd wordt in het milieu- en ruimtelijke ordeningsbeleid en de effectbenadering (zonder kansbeschouwing) in de hulpverlenerswereld, maar anderzijds om een minder bekend verschil tussen de analyse van één enkel geval en het schatten van de geaggregeerde hulpvraag.

Bij die geaggregeerde hulpvraag, die uitgedrukt kan worden in een FN-curve voor doden en gewonden en een FS-curve voor de schade zullen de 18 ramptypen waarschijnlijk de uiterste rechter staart van de curve bepalen. Het belangrijkste deel aan de linkerzijde wordt bepaald door de dagelijkse hulpvraag van kleine ongevallen en wanordelijkheden.

De “veiligheidsketen” suggereert dat de veiligheid in het geding is als er een schakel ontbreekt of zwak is. Het lijkt onvoldoende als alleen de preventie is ingevuld en de repressie c.q. de hulpverlening niet. Bij nader inzien blijkt de “veiligheidsketen” geen keten te zijn, maar een parallel systeem van opeenvolgende beschermingslagen. Vanuit veiligheidsoogpunt is een stelsel van meer lagen gewenst, maar elke extra laag brengt ook kosten met zich.

Een eenvoudig wiskundig model van een systeem bestaande uit twee parallelle elementen, waarvan de kosten afhangen van de logaritme van de faalkans, geeft aan dat één laag economisch optimaal is. Het lijkt er dus op dat niet alle lagen (schakels) in de veiligheidsketen maximaal hoeven te worden ingevuld om een aanvaardbaar veiligheidsniveau te bereiken. Een beperking van de inzet van een bepaalde laag behoort gepaard te gaan met een beperking van de verantwoordelijkheid.

Bij een bepaalde omvang van de hulpdienst behoort een kans is dat zij tekort schiet. De politieke vraag is welke kans op het tekort schieten van de hulpdienst aanvaardbaar is. De essentie is een vergelijking van de kosten van een extra hulpverlener met de baten in de zin van een kans op minder gewonden die toch nog overlijden. Onder bepaalde veronderstellingen neigt de economisch optimale overschrijdingskans naar het quotient van het jaarsalaris van een hulpverlener en de waarde van een mensenleven. De orde van grootte is dan 1/10 per jaar. Dit is een interessante uitkomst, die suggereert dat de hulpverlening zich niet zou hoeven voor te bereiden op de ongevallen die op EV gebied worden bestudeerd. Daar gaat het immers om overschrijdingskansen van  $10^{-5}$  tot  $10^{-6}$  per jaar, orden kleiner dan de gegeven indicatie voor de economisch optimale overschrijdingskans van de hulpverleningscapaciteit.

Uiteraard is meer studie nodig om de hierboven geschetste inzichten te toetsen