

Inzicht in veiligheid van multimodaal transport

Risico's op de kaart

In het licht van verschillende logistieke ontwikkelingen is het nuttig om inzicht te krijgen in de externe veiligheid van multimodale transportcorridors. In dit artikel wordt de vraag gesteld (en beantwoord) of de bestaande methoden wel geschikt zijn om de risico's te bepalen van de verschillende modaliteiten. Met bepaalde aanpassingen blijkt dit volgens TNO-onderzoek wel het geval.

Tekst en beeld: Nils Rosmuller en Hans Boot

Ketens en veiligheid zijn een actueel onderwerp waar het gaat om gevaarlijke stoffen. Zo streeft de chemie naar het verhogen van de veiligheid van handelingen met gevaarlijke stoffen door de gehele keten, en naar een vergroting van de verantwoordelijkheid die partijen in die keten willen nemen. Het 'keten plus 1'-denken dient zich aan: elke partij die een handeling uitvoert in de keten vergewist zich van de kwaliteit en veiligheid van de handelingen van de volgende partner in de keten, en voelt zich daarvoor (mede)verantwoordelijk (*Veiligheid voorop*; zie kader 'Meer informatie').

Synchromodaliteit

Dit kunnen traditionele transportketens zijn, waarin chemische stoffen worden geproduceerd, opgeslagen, overgeslagen en vervoerd, met gebruik van een en dezelfde transportmodaliteit. Maar in toenemende mate wisselen gevaarlijke stoffen van transportmodaliteit. De topsector Logistiek (zie kader) ziet als een van de pijlers (een van de zes *roadmaps*) voor vernieuwing binnen de logistiek de zogenaamde *synchromodaliteit*: het optimaal benutten van de verschillende modaliteiten in een geïntegreerde vervoersoplossing. Dat is mogelijk op corridors en in regio's waar voldoende ladingaanbod is, zodat hoogfrequent vervoer van treinen en binnenvaartschepen kan plaatsvinden.

Maar ook in Europees verband zijn recentelijk stappen gezet om de ketengedachte in het transportdomein verder te stimuleren. De EU heeft negen zogenaamde *TEN-T-corridors* benoemd (zie afbeelding 1). Het betreft de invoering van een kernvervoersnet dat is opgebouwd rond negen multimodale corridors: twee richting noord-zuid, drie richting oost-west en vier diagonaal (zie kader). Dit kernnetwerk zal de oost-westverbindingen

ingrijpend vernieuwen, knelpunten wegwerken, de infrastructuur moderniseren en grensoverschrijdend vervoer voor reizigers en bedrijven in de hele EU stroomlijnen. Ook zal het de verbindingen tussen verschillende vervoersmodi verbeteren en bijdragen tot het bereiken van de EU-doelstellingen op het gebied van de klimaatverandering.



Afbeelding 1: De negen Trans-Europese corridors

Voor de realisatie van bovengenoemde ambities is met name ook inzicht nodig in de risico's van dergelijke multimodale vervoerscorridors. De vraag die in dit

artikel centraal staat, is dan ook: op welke wijze kan dit inzicht in risico's verkregen worden?

Recent is binnen TNO een studie uitgevoerd naar een methodiek (een aangepaste QRA-methodiek) om de risico's van vier verschillende vervoersmodaliteiten inclusief op- en overslag (de weg, het spoor, de binnenvaart en de buisleiding) te kunnen vergelijken (zie kader). De ervaringen opgedaan in deze studie zijn uitermate bruikbaar voor de bovengenoemde problematiek rondom het inzichtelijk maken van risico's in multimodale vervoersketens. Aan de hand van de volgende drie vragen wordt ingegaan op deze ervaringen:

- 1) Hoe beoordeel je de externe veiligheid van multimodale transportcorridors?
- 2) Hoe voer je zo'n QRA dan uit?
- 3) Hoe vergelijk je PR en GR dan?

QRA-methode

Vraag 1. Voor het kwantificeren van risico's van transportactiviteiten wordt in Nederland, en in toenemende mate in andere Europese landen, gebruikgemaakt van de zogenaamde QRA-methodiek (Quantitative Risk Assessment). Hierbij wordt het risico uitgedrukt in 'plaatsgebonden risico' (PR, Engels: *Individual ofwel Locational Risk*) en 'groepsrisico' (GR, Engels: *Societal Risk*). Belangrijk aan de QRA-methode is dat deze zowel de 'kans' als het 'gevolg' beschouwt, en in die zin is het een probabilistische methodiek, waarbij rekening wordt gehouden met kansen en onzekerheden. Dit ten onderscheid van de deterministische benadering, waarbij alleen afstanden tot schade van potentiële ongevallen wordt meegenomen.

De risicoanalyses (QRA's) worden in Nederland met name uitgevoerd om te beoordelen of er knelpunten (te verwachten) zijn in relatie tot de ruimtelijke ordening. Hierbij wordt getoetst aan een norm voor het PR en de oriëntatiewaarde voor het GR. Om te kunnen toetsen aan de normen, wordt veel belang gehecht aan de standaardisering van een methodiek. Uit pragmatische overwegingen is daarbij gekozen voor eenvoudige rekenmodellen met een beperkt aantal invoerparameters. Voor transport van gevaarlijke stoffen over weg, rail of water is dit in Nederland het computermodel RBM-II, voor hogedrukgasleidingen wordt Carola gebruikt, en voor stationaire installaties Safeti.nl.

Deze methodieken zijn gericht op het maken van veiligheidsafwegingen met betrekking tot één specifieke modaliteit – dus bijvoorbeeld externe risico's van vervoer alleen over een bepaald spoortraject, of van één bepaalde stationaire installatie. Daarbij blijft de beoordeling van transportrisico's bovendien beperkt tot de *worst case*-kilometer van het traject. Voor de beoorde-

ling van een totale multimodale keten zijn deze applicaties dus niet geschikt. Ze hebben echter met elkaar gemeen dat ze het PR en het GR beoordelen, en dat zijn in principe eenduidige risico-eenheden die ook in vele andere landen worden gehanteerd. Het PR wordt gepresenteerd als 'Iso-Risico-Contouren': lijnen op een kaart die punten van gelijk PR met elkaar verbinden.

Daarbij wordt in Nederland de strikte norm gehanteerd dat zich geen 'kwetsbare objecten' binnen de contour van 10-6 /jaar (kans van 1 op de 1 miljoen per jaar op overlijden op die plaats) mogen bevinden. Voor groepsrisico wordt aan de hand van de aanwezige bevolking een 'groepsrisicocurve' geconstrueerd, waarin de kans op overlijden (F = frequentie per jaar) wordt afgezet tegen het aantal dodelijke slachtoffers (N = aantal slachtoffers) (zie bijvoorbeeld afbeelding 3). Deze FN-curve wordt vergeleken met een zogenaamde *oriëntatiewaarde*, een richtlijn waar het bevoegd gezag zich zoveel mogelijk aan moet houden. In de grafiek is die oriëntatiewaarde een dalende rechte 'grenslijn' die illustreert dat naarmate het aantal slachtoffers groter wordt, een kleinere kans van optreden wordt geaccepteerd. Het groepsrisico is een minder strikt criterium dan het plaatsgebonden risico, in die zin dat een hoog groepsrisico niet per definitie ontoelaatbaar is, maar dit zal altijd verantwoord moeten worden. Hierbij is relevant dat er voor transport, dat per km traject wordt beoordeeld, een tien maal zo grote oriëntatiewaarde wordt gehanteerd als voor stationaire installaties. Deze verschillen in benadering hebben veelvuldig tot de onjuiste conclusie geleid dat risico's van transport en stationaire installaties onvergelijkbaar zijn. Maar beide methoden gebruiken exact dezelfde (gestandaardiseerde) eenheden, en dus is er geen principieel technisch bezwaar tegen combinatie of zelfs aggregatie van risico's van stationaire en transportactiviteiten.

Multimodale transportketens

Vraag 2. Alhoewel alle toegepaste QRA-applicaties (RBM-II, Carola en Safeti.nl) dus dezelfde principes gebruiken om tot een kwantificering van het PR en GR te komen, moeten er een aantal afspraken worden gemaakt als we deze risico-maten willen gebruiken voor vergelijking van multimodale transportactiviteiten. Het gaat dan om onderstaande tekortkomingen in de gebruikte instrumenten:

- a) De laad- en losactiviteit is een belangrijke risicobron bij batchtransport (weg, rail, schip). Daarom moet deze (stationaire) activiteit meegenomen worden in de risicoanalyse van de transportketen. Deze activiteit is uiteraard niet relevant voor pijpleidingtransport. Daarnaast kan ook eventuele tussenopslag (buffering), door de accumulatie (ophoping) van de gevaarlijke stoffen, een

dominante rol gaan spelen in de veiligheid van de keten.

b) Voor batchtransport is de kans op aanwezigheid van het transport (het aantal transporten per jaar) verwerkt in de faalfrequentie (kans op een ongeval), en die faalfrequentie moet worden gebaseerd op het benodigd aantal transportbewegingen per jaar. Een pijpleiding heeft een honderd procent aanwezigheid: er zit altijd gevaarlijke materiaal in. In Nederland worden standaard-faalfrequenties per modaliteit gebruikt, die zijn gebaseerd op lokale casuïstiek. Voor andere regio's/landen zal het noodzakelijk zijn daar betrouwbare en representatieve faalfrequenties te gebruiken. Deze 'kansen op een eventueel ongeval' worden immers sterk beïnvloed door (lokale) veiligheids-cultuur, aanwezigheid van technische veiligheidsmaatregelen, leeftijd van transportmiddelen/installaties, staat van onderhoud, wijze van bedrijfsvoering en zelfs seismische activiteit (in het geval van pijpleidingen).

c) De positie van scheepsroutes, spoorlijnen en wegnetwerken wordt bepaald door de lokale infrastructuur en topografie en domineert de interactie met kwetsbare objecten en aanwezige bevolking en daarmee het 'risico'. In de praktijk kan het zijn dat verschillende alternatieve trajecten mogelijk zijn. Een langere route door dunbevolkt gebied kan daarbij bijvoorbeeld veiliger zijn dan de korte route dwars door de stad. Dit moet dus ook meegenomen worden in de risicoanalyse.

d) Afhankelijk van de representatieve tankafmetingen van de verschillende modaliteiten (tankwagen, railtankwagon, scheepstank) zullen de laad- en losactiviteiten verschillende debieten gebruiken. Deze laad-/loscapaciteit en dimensies van installaties bepalen in belangrijke mate de effectafstanden van potentiële ongevallen. In de onderhavige studie zijn effectafstanden bepaald aan de hand van representatieve praktijkdebieten, met gebruik van geaccepteerde methodes (CPR 14E, 2006 en CPR 18E, 2005) voor gebruikelijke 'volledige breuk'- en 'lek'-scenario's. De specifieke tankafmetingen bepalen daarnaast het aantal transporten (voor een bepaalde te transporteren hoeveelheid stof) en dus de faalfrequentie voor de activiteit.

e) De gebruikelijke manier van presenteren van het groepsrisico van transportactiviteiten is per kilometer lengte van de transportroute. Dit is echter niet bruikbaar om het risico van de gehele transportketen te beoordelen. Alhoewel dit in Nederland een in de regelgeving verankerde methode is (HART, zie kader), geeft dit geen correct beeld van het totale risico waaraan de bevolking wordt blootgesteld. Men moet het totale traject nemen: vervoer van stof X van punt A naar punt B.

Vergelijking PR en GR

Vraag 3. Om het gebruik van de voorgestelde risicomaten PR en GR voor verschillende transportmodaliteiten te testen is bij de TNO-studie een vingeroefening gedaan voor een typisch Nederlandse, maar fictieve situatie: het

transport van 100.000 ton ammoniak en lpg over één vast traject bij Rotterdam. (In werkelijkheid zouden er vier trajecten zijn, maar in deze fictieve situatie is het tracé voor alle modaliteiten gelijk verondersteld.) Daarbij is ook rekening gehouden met de overslagactiviteit, met andere woorden het laden en lossen (zie a) hierboven). Omdat tankafmetingen verschillen zijn de transportaantallen ook verschillend (zie tabel 1).

	Lpg (propan)	Ammoniak (NH3)
Rail (# wagons/y)	2,000	2,000
Weg (# cars/y)	4,348	6,250
Scheepvaart (# ships/y)	72	68
Pijpleiding (diameter in mm)	65	60

Tabel 1: Aantal transporten voor transportbehoefte van 100.000 t/y

De faalfrequentie volgens de Nederlandse standaardmethode is hiervan afgeleid. Daarbij is voor railtransport uitgegaan van een traject zonder wissels, overwegen, ATB, etc. Bij scheeptransport is uitgegaan van klasse 5 (1500-27000 ton capaciteit). Voor de pijpleiding is een diameter afgeleid van de capaciteit, hetgeen in dit geval een relatief kleine (onrealistische) pijpdiameter oplevert, maar dit is slechts voor het rekenvoorbeeld.

Bij de vergelijking van het PR tussen de twee stoffen en vier modaliteiten kan een eenvoudig criterium om de mate van veiligheid te beoordelen het volgende zijn: de afstand tussen de infrastructuur tot een risicocontour. Deze afstand weerspiegelt immers de benodigde 'risicoruimte'. Omdat er voor deze casestudy amper een 10-6/yr-contour optrad, is er op de 10-8/yr-afstand vergeleken (zie tabel 2).

	Transport Breedte 10 ⁻⁸ -contour (m)	Laden/lossen Breedte 10 ⁻⁸ -contour (m)
SCHIP		
LPG	0	150
Ammoniak	40	1.220
PIJPLEIDING		
LPG	310	-
Ammoniak	470	-
RAIL		
LPG	220	30
Ammoniak	60	80
WEGVERVOER		
LPG	525	125
Ammoniak	550	85

Tabel 2: PR-afstanden voor 100.000 t/y transport

Een typisch resultaat voor de PR-contouren is weergegeven in afbeelding 2, die het ammoniaktransport per schip betreft. Hierin wordt duidelijk geïllustreerd dat de locaties van het laden/lossen een dominant effect hebben op de eventuele interactie met kwetsbare objecten: de contour is veel breder aan het begin- en eindpunt (zie de gele en groene rondjes).

Afbeelding 2: PR uitgebeeld in Iso-Risico-contouren voor ammoniaktransport per schip langs fictieve standaardroute (buitenste groene contour = 10-8/y, binnenste gele contour = 10-7/y)



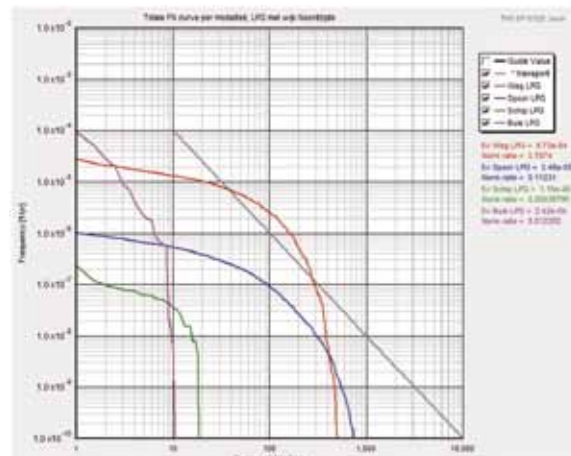
Voor het GR zijn de resultaten natuurlijk sterk afhankelijk van de afstand van het transport tot de bevolking. Voor een typische route 'dwars door de stad' zijn resultaten in tabel 3 weergegeven als 'afstand tot de oriëntatiewaarde'.

Transporttype	Afstand tot oriëntatiewaarde	
	LPG	Ammoniak
Schip	0.0004	0.27
Pijpleiding	0.012	0.038
Rail	0.11	0.004
Wegvervoer	2.8	0.007

Tabel 3: GR-resultaten voor 100.000 t/y transport

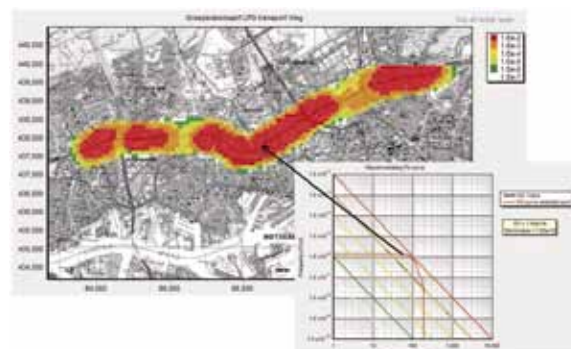
Voor lpg-transport zijn de bijbehorende gecumuleerde groepsrisicocurven voor de gehele keten gepresenteerd in afbeelding 3. Daarin wordt duidelijk dat de rode lijn (wegtransport) in dit fictieve geval een overschrijding van de grijze lijn (de oriëntatiewaarde) met factor 2.8 oplevert. Maar deze curve is geconstrueerd voor de totale lengte van de route (in de orde van grootte van 10 km), inclusief overslagactiviteiten, en daarom is het gebruik van deze oriëntatiewaarde onterecht! Deze grafiek illustreert slechts de grote verschillen in risico tussen verschillende modaliteiten en ketens.

De gevolgen van een gecumuleerd groepsrisico kunnen gevisualiseerd worden in zogenaamde groepsrisicokaarten, waarin met kleuren de reikwijdte en impact getoond worden (zie afbeelding 4 en 5). De kleur geeft de hoogte van de GR-curve op die locaties aan; in de rode gebieden is het GR het hoogst en wordt de



Afbeelding 3: Gecumuleerde groepsrisicocurven voor 100.000 t/y lpg-transport, volledige route, inclusief overslag

oriëntatiewaarde overschreden. Oranje gebieden zitten net onder de oriëntatiewaarde. In afbeelding 5 is duidelijk dat de overslag (in het rode gebied rechts en de oranje cirkel links) een dominante invloed heeft.



Afbeelding 4: Groepsrisicokaart lpg-wegtransport



Afbeelding 5: Groepsrisicokaart voor scheepsvervoer ammoniak

Conclusies en aanbeveling

Gezien de spelende logistieke ontwikkelingen (ketenverantwoordelijkheid, synchromodaliteit, Europese corridors) is het nuttig om te weten welke invloed de te kiezen transportvorm heeft op de externe veiligheid. Hiertoe moest worden nagegaan in hoeverre bestaande methoden en technieken in staat zijn inzicht te verschaffen in de risico's van multimodale transportcorridors.

1 De externe veiligheid van multimodale transportcorridors kunnen beoordeeld worden met standaard-


risicomaten uit de QRA: PR en GR.

2 Momenteel bestaan voor verschillende modaliteiten ook verschillende QRA-instrumenten, die helaas niet bruikbaar zijn om de volledige keten – inclusief op- en overslag – in kaart te brengen. Door deze activiteiten ook mee te nemen en het gehele vervoerstraject te nemen, kunnen transportalternatieven vergeleken worden op PR en GR (met gebruik van representatieve afmetingen, aantallen transporten, et cetera).

3 De PR van het volledige tracé (inclusief op- en overslag) kan per modaliteit beoordeeld worden op interactie met kwetsbare objecten. Ook de GR-curve van de gehele vervoersketen/corridor kan vergeleken worden met transportalternatieven voor de keten. GR-kaarten geven inzicht in de ernst en omvang van potentiële veiligheidsknelpunten.

Tot slot

Men moet zich realiseren dat het 'even switchen van modaliteit' van transport van gevaarlijke stof nieuwe risicovolle activiteiten met zich meebrengt: laden/lossen

en eventuele tussenopslag. Door deze extra (stationaire) activiteiten in de risicoberekening mee te nemen, is het veiligheidsniveau voor gehele transportketen te duiden. Pas dan kan ook aan infraproviders en verladings op voorhand inzicht worden verschaft in de externe veiligheid. Dit kan dan ook een van de variabelen worden op basis waarvan men besluit bepaalde vervoersketens en -corridors in te richten. 

Nils Rosmuller en Hans Boot zijn beiden werkzaam bij TNO Urban Environment & Safety in Utrecht

Meer informatie

Veiligheid voorop Rapportage eerste periode: (<http://www.vnci.nl/Files/vnci-veiligheid-voorop-rapportage.pdf>)

Uitvoeringsagenda Topsector Logistiek: http://www.topsectorlogistiek.nl/?page_id=53

Vervoer: een nieuw infrastructuurbeleid van de EU: http://europa.eu/rapid/press-release_IP-13-948_nl.htm

TNO-rapport 2013-R10317, *Methodiek om veiligheidsrisico's van verschillende vervoersmodaliteiten te vergelijken*

HART: *Handleiding Risicoanalyse Transport*, Ministerie van Infrastructuur en Milieu

**GEVAARLIJK
AFVAL?**

**AL 10 JAAR!
GEEN PUNT!**

WASTE.POINT
AFVALBEHEER

VRAAG DE BROCHURE AAN OP WASTEPOINT.NL
OF BEL +31 (0)33 470 11 43



**GEVAARLIJK
GOED VERPAKT?!**

CarePack Holland heeft het grootste assortiment UN-gekeurde verpakkingen voor gevaarlijke stoffen.

- monsterverpakkingen
- dozen, standaard maten
- dozen, op maat
- 4GV-dozen
- medische verpakkingen
- transportbakken
- jerrycans
- blikken
- vaten
- palletboxen
- flessen
- zakken

CarePack
Dangerous Goods Packaging



Douglassingel 25 Schiphol-Rijk | The Netherlands | +31 (0)20 3540787 | Info@carepack.nl

www.carepack.nl