

Basisnet Spoor

Overzicht maatregelen doorgaand spoor

Project : V&W Basisnet vervoer gevaarlijke stoffen
Datum : 25 februari 2009

Werkgroep Basisnet Spoor Subgroep Maatregelen:

Peer van Gemert (Railion)
Jolt Oostra (ARCADIS)
Monique Berrevoets (namens VROM)
Roeland Lourijsen (ProRail)
John Bakker (namens VNG)
Gerard Tiemessen (AVIV)

Inhoudsopgave

1	Inleiding en leeswijzer	2
2	Overzicht maatregelen	3
2.1	Overzichtstabel	3
2.2	Modelmatige maatregelen.....	1
3	Vlinderdas	1
4	Proactieve maatregelen spoor	1
4.1	Bronmaatregelen vervoer.....	1
4.2	Bronmaatregelen verkeer.....	1
4.3	Bronmaatregelen ruimtelijke ordening (R35 en R36).....	2
5	Maatregelen spoor	3
5.1	Logistieke maatregelen (vervoer, verkeer) (L1 t/m L8)	3
5.2	Infrastructuur en directe omgeving (I9 t/m I21).....	6
5.3	Preventieve maatregelen bij/door verladings (V23 t/m V25)	9
5.4	Technische maatregelen materieel (T26 t/m T31)	11
5.5	Organisatorische maatregelen	13
6	Specifieke maatregelen in de overdrachtsfeer	14
6.1	Maatregelen in gebied tussen spoor en gebouwen O18, O19, O20.....	14
6.2	Tegen warmtestraling en brandoverslag (B40).....	15
6.3	Maatregelen in de omgeving ten behoeve van de zelfredzaamheid (B41)	16
6.4	Tegen blootstelling aan toxische stoffen (B42).....	17
6.5	Tegen drukeffecten (B43).....	17
6.6	Organisatorische maatregelen in gebouwen	18
	Afweging aangepast ontruimen of extra beschermen	18
7	Maatregelen ten behoeve van de hulpverlening	19
7.1	Preparatie (spoorbranche, OHD).....	19
7.2	Repressie faciliterend.....	20
8	Actiepunten voor verbeteringen van de risicoberekening	22
	Voorgestelde verbeteringen	22
	Bijlage 1. Veiligheidsgeïntegreerde ontwerpcriteria	24
	Bijlage 2. Specifieke maatregelen bij geluidschermen	25
	Bijlage 3. Ongevalfrequenties Betuweroute: effect ECTS	26
	Referenties	27

1 Inleiding en leeswijzer

In het kader van Basisnet Spoor worden middels risicoberekeningen de knelpunten in beeld gebracht die ontstaan door de combinatie van voorziene groei van ruimtelijke ordening en het doorgaande transport van gevaarlijke stoffen. Deze notitie geeft in de hoofdstukken 4 tot en met 7 een algemeen overzicht van mogelijke maatregelen om die risico's te reduceren. Daarbij is navolgende indeling aangehouden:

- Algemene, preventieve maatregelen.
- Maatregelen spoor (vervoer, logistiek, verkeer, infrastructuur, materieel, organisatorisch).
- Specifieke maatregelen in de overdrachtsfeer.
- Maatregelen in de omgeving (effectbeperking, zelfredzaamheid).
- Maatregelen aan/in de bebouwing (proactie).
- Maatregelen die de hulpverlening faciliteren (preparatie, repressie).

De maatregelen zijn verwerkt in een zogenaamd vlinderdasmodel. De vlinderdas is een logische structuur waarin het verband tussen de oorzaken en gevolgen van een ongeval (LOC=Loss of containment) en maatregelen (LOD=Lines of defence) zijn weergegeven. De LOC in dit geval betreft het vrijkomen van gevaarlijke stoffen, bij botsingen, ontsporingen en intrinsiek falen.

Bij de beschrijving van de maatregelen is steeds middels een letter en een getal (bv R35) verwezen naar de lijst van maatregelen die is opgenomen in hoofdstuk 2. Dit is een samenvattende lijst van maatregelen en kenmerken van maatregelen. In het huidige rekenprotocol [54] en met het huidige rekenprogramma RBM2 kunnen en worden deze risico- en effectreducerende maatregelen niet altijd gekwantificeerd. In hoofdstuk 2 is prioriteit aangebracht in maatregelen in de vorm van de mogelijke toepassing. Dat wil zeggen die maatregelen te identificeren die vóór de invoering van het Basisnet moeten worden gekwantificeerd óf waarvoor een later te valideren werkhypothese opgesteld zou moeten worden. Daarnaast is aangegeven welke maatregelen ook na invoering van het Basisnet gekwantificeerd zouden kunnen worden. Tot slot zijn maatregelen aangegeven die vooral van belang zijn in de verantwoording van het groepsrisico, maar waarvan kwantificering als 'bijzonder lastig' wordt gekwalificeerd.

In hoofdstuk 8 zijn eisen en wensen ten aanzien van actualisatie van de rekenmethodiek en kwantificering van maatregelen opgenomen.

De notitie is samengesteld door de subgroep Maatregelen van de werkgroep Basisnet Spoor, te weten Peer van Gemert (Railion), Jolt Oostra (ARCADIS), Monique Berrevoets (namens VROM), Roelant Lourijssen (ProRail), John Bakker (namens VNG) en Gerard Tiemessen (AVIV). De werkgroep heeft dankbaar gebruik gemaakt van de vele rapporten die inmiddels op dit onderwerp zijn verschenen.

2 Overzicht maatregelen

2.1 Overzichtstabel

Onderstaande tabel betreft een overzicht van maatregelen die een risico- en of een effectreductie van incidenten met gevaarlijke stoffen op het spoor kunnen realiseren. Door de subwerkgroep is een onderscheid aangebracht in maatregelen die, al dan niet na een afspraak over een werkhypothese, voor de invoering van het Basisnet kunnen worden toegepast (0 en 1) en maatregelen die waarschijnlijk pas na invoering van het Basisnet gekwantificeerd kunnen worden (2). Werkhypothesen die worden opgesteld zullen in een later stadium altijd moeten worden gevalideerd. Tot slot zijn maatregelen aangegeven die vooral van belang zijn in de verantwoording van het groepsrisico en waarvan kwantificering als 'bijzonder lastig' wordt gekwalificeerd. Samengevat:

0	Reeds gekwantificeerd en in Protocol: toepasbaar vanaf heden
1	Is kwantificeerbaar en toepasbaar na afspraak over werkhypothese: toepasbaar voor invoering van BN spoor
2	Kwantificering mogelijk, maar lastig: toepasbaar na invoering BN spoor
VP GR	Kwantificering (zeer) lastig maar deze maatregelen zijn in kwalitatieve zin wel van belang en te gebruiken voor de verantwoordingsplicht groepsrisico

In onderstaande tabel wordt aangegeven wat met de overige kolomtitels en afkortingen wordt bedoeld:

Kolomtitel	Omschrijving
Maatregel	Omschrijving maatregel; voor meer uitvoerige omschrijving zie volgende hoofdstukken.
Toepassing	Mogelijke toepassing van maatregelen in codering conform bovenstaande tabel
Opmerking	Opmerkingen waarvoor geen plaats is in overige kolommen
Invoeringstermijn	Indicatie invoeringstermijn volgens volgende codering: Nu: direct toepasbaar (wordt al toegepast) KT: op korte termijn (binnen een jaar) toepasbaar Gefaseerd: gefaseerd toepasbaar Jaren: duurt nog jaren voordat maatregel kan worden toegepast
Lokaal of generiek	Een maatregel kan worden toegepast om een lokaal specifiek knelpunt op te lossen. Een generieke maatregel is er een die effect heeft op een heel spoorwegtracé of op het gehele net.
Rekenkundig effect	Geeft kwalitatief de mate van effect aan die een maatregel kan hebben volgens de huidige inzichten.
Wie gaat erover?	Geeft aan welke instantie/partij in staat is dan wel het meest geëigend is, om de betreffende maatregel door te voeren. Dat wil niet zeggen dat hiervoor in alle gevallen een wettelijke basis bestaat.

	Maatregel	Toepassing	Opmerkingen	Invoerings termijn	Lokaal of generiek	Rekenkundig effect	Wie gaat erover?
	Maatregelen Spoor						
	<i>Logistieke en verkeersmaatregelen</i>						
L1	Langzaam rijden (< 40 km/uur)	0		NU	Lokaal	GROOT	ProRail
L2	Groene golf	1	Bestaat uit een mix van maatregelen.	KT	Lokaal	MIDDEL	ProRail
L3	Blevenvrij rijden (aangepaste treinsamenstelling/bl oktrein)	0	Dat wil zeggen het scheiden van brandbare gassen en zeer brandbare vloeistoffen	gefaseerd	Generiek	GROOT op GR	PM
L4	Vermijden roestrijden met gs	2		NU	Generiek	KLEIN	ProRail
L5	Instellen rijwegen met minder interactiepunten	1	In principe mee te rekenen; kwantificering mogelijk mits rijweg dwang. Proces afspraak nog te maken.	KT	Lokaal	MIDDEL	ProRail
L6	Scheiden van verkeersprocessen (voorkomen kruisende rijwegen)	1		KT	Lokaal	GROOT	ProRail
L7	Verdeling verkeer over de dag (incl. Nachtrijden)	0	Mits geluidscapaciteit aanwezig.	KT	Generiek/ lokaal	GR WEL	PM
L8	Meld en Volgstelsel (tracking & tracing)	2	Effectreducerend, maar kwalitatief effect	JAREN	Generiek	KLEIN	ProRail en Spoorvervoerders samen
	<i>Infrastructurele maatregelen</i>						
I9	ETCS	1		JAREN	Generiek	GROOT	ProRail
I10	ATBvv	1		KT	Generiek	GROOT	ProRail
I11	Verwijderen wissels	1	Heeft zelfde effect als maatregel L5	KT	Lokaal	GROOT	ProRail
I12	minder interactiepunten doorgaand goederenverkeer	1	Heeft zelfde effect als maatregel L5	JAREN	Lokaal	GROOT	ProRail
I13	Ontsporinggeleiding	2		KT	Lokaal	KLEIN	ProRail
I14	Videoschouw	2		KT	Generiek	?	ProRail
I15a	Hotboxdetectie	2	geen werkend systeem en nog geen kwantificering	KT	Generiek	?	ProRail

	Maatregel	Toepassing	Opmerkingen	Invoerings termijn	Lokaal of generiek	Rekenkundig effect	Wie gaat erover?
I15b	Gotcha Quo Vadis	1	Signaleert de rondheid van een wiel. In combinatie met V24 voorkomt het een Hotbox. Nog geen kwantificering	KT	Generiek	Middel	ProRail
I16	Verwijderen en verbeteren beveiliging overwegen	0		NU	Lokaal	KLEIN	gemeente i.o.m. ProRail
I17	Opvang vloeistof, in de infra	1		NU	Lokaal	GROOT	ProRail
I18	Wissel met beweegbaar puntstuk	2	Hiermee wordt in principe doorgaand spoor gecreëerd	KT	LOKAAL	KLEIN	ProRail
I19	Beveiliging werkzaamheden	2		KT	Lokaal	KLEIN	ProRail
I20	Controleren directe omgeving spoorbaan	2		KT	Lokaal	KLEIN	ProRail
I21	Controleren omgeving op objecten/ activit. die infra/treinen kunnen schaden	2		KT	Lokaal	KLEIN	ProRail
	<i>Overdrachts- maatregelen</i>						
O18	Aanpassen infra, bv in tunnel/ overkapping	1	NB er bestaat geen geaccordeerde risicomethodiek tunnels.	JAREN	Lokaal	GROOT	ProRail
O19	Schermen langs infra	VP GR	Is vergelijkbaar met B40	JAREN	Lokaal	KLEIN	ProRail
O20	Opvang vloeistof langs de infra	1		NU	Lokaal	GROOT	ProRail
	<i>Maatregelen bij verladers/ vervoerders</i>						
V23	Vaker inspectieonderhoud dan RID	2		KT	Generiek	KLEIN	vervoerders/ verladers
V24	Monitoring en melding onregelmatigheden in de keten	2	Deze maatregel zal op termijn een reductie van de basisfaalkansen opleveren,	JAREN	Generiek	MIDDEL	vervoerders/ verladers
V25	Meer opleiding personeel in hele keten	2	Zie opmerking bij V24	JAREN	Generiek	KLEIN	de keten

	Maatregel	Toepassing	Opmerkingen	Invoerings termijn	Lokaal of generiek	Rekenkundig effect	Wie gaat erover?
	<i>Technische maatregelen aan materieel</i>						
T26	Hittewerende bekleding ketelwagen	1	Internationale toepassing noodzakelijk (Zie ook N31)	JAREN	Generiek	GROOT	verladers/ wagon- eigenaar
T27	Crashbuffers (in RID verplicht voor GT en GF vanaf 2005)	1	Internationale toepassing geregeld in RID	JAREN	Generiek	MIDDEL	verladers/ wagon- eigenaar
T28	Overbufferbeveilig- ing (in RID verplicht voor GT vanaf 2007)	1	Internationale toepassing geregeld in RID	JAREN	Generiek	MIDDEL	verladers/ wagon- eigenaar
T29	Ontsporingdetectie op de wagon	2	Internationale toepassing noodzakelijk	JAREN	Generiek	KLEIN	verladers/ wagon- eigenaar
T30	Remlucht- controlesysteem	2		JAREN	Generiek	KLEIN	vervoerders/ verladers
T31	Dikwandige Ketels	1		JAREN	Generiek	MIDDEL	verladers/ wagon- eigenaar
	Nationale maatregelen						
N31	Extra middelen voor rampbestrijding (preparatie)	VP GR		JAREN	Generiek	KLEIN	Bzk*
N32	Inrichten nationale GS rampbestrijding met verladers	VP GR		KT	Generiek	KLEIN	Bzk*
N34	Inrichten en oefenen calamiteiten- organisatie Spoor	VP GR		KT	Generiek	KLEIN	Bzk*
	Maatregelen RO						
	<i>Ruimtelijk (door lokaal BG te regelen)</i>						
R35	Niet / minder bouwen in veiligheidszone	0		NU	Lokaal	GROOT	gemeente
R36	Zonering kwetsbare bestemmingen	0		NU	Lokaal	GROOT	gemeente
R37	Verbeteren bereikbaarheid spoorzone, proactie	VP GR		KT	Lokaal	KLEIN	gemeente i.o.m. ProRail
R38	Extra aandacht voor zelfredzaamheid (preparatie)	VP GR		JAREN	Lokaal	KLEIN	gemeente i.o.m. ProRail
R39	Extra aandacht voor hulpverlening (opstelplaatsen, bluswater)	VP GR		JAREN	Lokaal	KLEIN	gemeente i.o.m. ProRail

	Maatregel	Toepassing	Opmerkingen	Invoerings termijn	Lokaal of generiek	Rekenkundig effect	Wie gaat erover?
R40	Afweging ontruimen of beschermen	VP GR		NU	Lokaal	?	gemeente
	<i>Overdrachtsmaat- regelen Bouwkundig</i>						
B40	Aanpassing bouwkundig (hittewering, compartimentering, sprinkler)	VP GR		JAREN	Lokaal	?	gemeente**
B41	voldoende vluchtwegen, veilige ontsluiting	VP GR		JAREN	Lokaal	?	gemeente
B42	Afsluiting lucht, ventilatie	VP GR		JAREN	Lokaal	?	gemeente**
B43	Rekening houden met drukeffecten, bleve-ongevoelig ontwerpen	VP GR		JAREN	Lokaal	?	gemeente**
B44	Organisatie samenhang	VPGR		KT	Lokaal	?	gemeente

*Het Ministerie van Binnenlandse zaken en koninkrijksrelatie kan besluiten om op nationaal niveau meer budget beschikbaar te stellen voor rampbestrijding. Dit besluit kan echter ook gemeentelijk niveau worden genomen of in veiligheidsregio verband. Van belang is dat er sprake is van een dusdanig structureel effect dat dit doorwerkt in de risicoreductie voor tenminste een baanvak.

**In de praktijk blijken de wettelijke mogelijkheden (Bouwbesluit) voor gemeenten om veiligheidsmaatregelen ten bate van externe veiligheid af te dwingen vooralsnog beperkt. Het Bouwbesluit zou daartoe aangepast moeten worden.

2.2 Modelmatige maatregelen

Naast maatregelen die een aanpassing vergen in de huidige praktijk om in een effect te sorteren in de risico's en effecten, zijn er ook een aantal maatregelen die het rekenmodel kunnen verbeteren. Hierdoor voldoet het rekenmodel meer aan de praktijk en veranderen ook de berekende risico's. Onderstaande tabel is op dezelfde wijze opgebouwd als de bovenstaande tabel met maatregelen.

	Maatregel	Toepassing	Opmerkingen	Invoerings termijn	Lokaal of generiek	Rekenkundig effect
	Modelmatige maatregelen (afweging en evt. implementatie door DORA)					
M44	Specifiekere berekening binnen stofcategorieën	0		NU	Beide	MIDDEL
M45	Actualisatie faalfrequenties en vervolgcansen	1		KT	Generiek	MIDDEL
M46	Splitsing ketelwagens en containers in protocol spoor	1		KT	Generiek	MIDDEL
M47	Kleinere baanvaklengtes tbv GR berekening	VP GR		KT	Generiek	MIDDEL
M48	Verblijftijden en fractie binnen en buiten	0/1		JAAR?	Lokaal	KLEIN
M49	Bleve Maatregelen	1	In model is nu opgenomen een 100% letaliteit op 200m ongeacht maatregelen	JAREN	Generiek / Lokaal	?

3 Vlinderdas

De vlinderdas geeft de faalorzaken en bijbehorende vervolgebeurtenissen op het spoor weer. Voor elke gebeurtenis is getracht een reductiemaatregel aan te geven. De letter cijfer coderingen refereren aan bovenstaande maatregelenlijst. De vlinderdas kan alleen leesbaar op A3 formaat worden geprint.

4 Proactieve maatregelen spoor

4.1 Bronmaatregelen vervoer

Verminderen transport aanbod

Dit wordt bijvoorbeeld bereikt door:

- Sluiten van gebruikerslocaties waardoor transportstromen van productielocatie naar gebruikerlocatie vervallen. Zie het principeakkoord van DSM met VROM en V&W [51].
- Productie verplaatsen naar gebruikerslocatie e.d. (zie de Ketenstudies).

Modal shift

Vervoer via een andere vervoersmodaliteit, dat voor dit transport per saldo een lager risiconiveau kent, bij LPG en Ammoniak is dit onderzocht voor binnenvaart (zie [15], [33]). In Duitsland heeft de overheid wettelijk vastgelegd dat vervoer van verschillende gevaarlijke stoffen over grotere afstand dan 200 km waar mogelijk per spoor of binnenvaart moet plaats vinden (de zogeheten ListenGüter).

4.2 Bronmaatregelen verkeer

Routing

De overheid wil routes aanwijzen waarover gevaarlijke stoffen wel of niet vervoerd mogen worden, met daarbij het maximaal toegestane risicoplafond. Langs de transportroute wordt een veiligheidszone ingesteld waarvan de breedte gebaseerd is op de vastgestelde risicoruimte. Daarmee is geborgd dat op langere termijn de risicotename door groei van het vervoer gecompenseerd wordt door veiligheidsverbetering van het vervoer.

Knelpuntsituaties kunnen ook worden opgelost doordat bij gedeeltelijk wegvallen van het gevaarlijke transport over een specifieke route overschrijdingen van de groepsrisiconorm in alle betrokken steden worden voorkomen.

Een optie om lokale knelpunten te omzeilen is het faciliteren van een andere route met minder of beter oplosbare knelpunten. In het kader van het Basisnet spoor zijn de risico's van diverse routeringsvarianten onderzocht, die bijvoorbeeld de steden langs de Brabantroute in meer of mindere mate ontlasten.

Nieuwe infra voor alternatieve routes

Bij een aantal van de routeringsvarianten is nieuwe infrastructuur verondersteld. Dit betreft dan het aanleggen van enkele of dubbele verbindingbogen tussen twee bestaande trajecten. De voorkeursvarianten worden thans in samenhang gezien.

Ook in eerdere onderzoeken, zoals de COEV-ANKER studie [26] zijn routeringsvarianten voor het transport over (delen van) de Brabantroute onderzocht.

4.3 Bronmaatregelen ruimtelijke ordening (R35 en R36)

Zonering voor kwetsbare bestemmingen, (R36) niet/minder bouwen in invloedsgebied (R35)

Bij een ongeval met het transport van gevaarlijke stoffen kunnen deze stoffen vrijkomen. De hoeveelheid en/of de uitstroomsnelheid bepalen de afstand tot waar nog mogelijk slachtoffers kunnen vallen. Door de afstand tussen transportroute en kwetsbare bestemmingen zo groot mogelijk te houden en het aantal personen in het invloedsgebied te beperken (door niet, of minder te bouwen) wordt de kans op en/of het aantal slachtoffers geminimaliseerd. Voor specifieke routes geldt in een zone van 30 meter naast de infra een plasbrand aandachtsgebied (PAG). In deze moet het effect van een plasbrand rekening worden gehouden bij het ontwerpen en uitvoering van gebouwen. In hoofdstuk 6 wordt nader op bouwkundige voorzieningen ingegaan.

Geen (beperkt) kwetsbare bestemmingen bouwen over het spoor.

Binnen de PR 10-6 contour mogen geen kwetsbare bestemmingen aanwezig zijn.

Effectieve rampenbestrijding en hulpverlening faciliteren

Een effectieve rampenbestrijding en hulpverlening kunnen er mede toe bijdragen dat er als gevolg van een ongeval met het vervoer van gevaarlijke stoffen minder slachtoffers vallen, minder schade is en mogelijk ook dat de scenariokarakteristieken te beïnvloeden zijn. Dit is in hoofdstuk 7 uitgewerkt.

5 Maatregelen spoor

Te onderscheiden zijn:

- Logistieke maatregelen (vervoer, verkeer).
- Maatregelen aan de infrastructuur (spoor).
- Maatregelen bij/door verladers.
- Technische maatregelen aan materieel.
- Organisatorische maatregelen (die het nemen van maatregelen versterken)

Een deel van deze maatregelen is in het ANKER-COEV onderzoek doorgerekend. Dit is bij de beschrijvingen aangegeven.

5.1 Logistieke maatregelen (vervoer, verkeer) (L1 t/m L8)

Langzaam rijden (verkeer) (L1)

Doel van deze maatregel is het verkleinen van de kans op een grote uitstroom. Deze maatregel is (vooral) gericht op interacties bij wissellocaties en houdt in dat de maximaal toegestane snelheid wordt teruggebracht. De maatregel resulteert bij het terugbrengen van de snelheid voor goederentreinen tot <40 km/uur in een risicoreductiefactor van circa 14 voor vloeistofketelwagens en 7 voor gasketelwagens [54]. Deze risico reductiefactor omvat een correctiefactor voor snelheid (minder wagens betrokken bij een ongeval) plus een correctiefactor voor de lagere vervolgcans op uitstroming (minder energie bij een ongeval)¹.

Deze maatregel is relevant waar doorgaande treinen bij stationlocaties andere treinen kruisen. De huidige treinbeveiliging sluit dat niet uit. NB Hierbij is het wel noodzakelijk om eerst de lokale gevolgen van een snelheidsverlaging in beeld te brengen, daar het kan voorkomen dat snelheidsverlaging in enkele gevallen juist een verhoging van het risico kan teweegbrengen (bijvoorbeeld doordat goederentreinen vaker 'aan de kant' moeten voor snellere reizigerstreinen. Het risico van de interactie zelf kan worden verkleind met ATB vv(zie verderop).

Groene golf (verkeer) (L2)

Ononderbroken verkeer door een stationslocatie van inrijdsein tot uitrijdsein, geen wachtsporen of rode seinen. In combinatie met ATBvv interessante maatregel. Deze maatregel kost capaciteit.

BLEVE vrij/ arm rijden: Bloktreinen en scheiden van stofstromen toepassen (vervoerlogistiek) (L3)

In bloktreinen (voor brandbaar gas) bevinden zich geen wagons met brandbare vloeistoffen en is de kans op een zogenaamde ' warme' BLEVE bij een enkelzijdig ongeval verwaarloosbaar. Bij doorgaande bonte treinen speelt het warme BLEVE scenario alleen (significant) bij naast elkaar geplaatste wagons.

Deze maatregel behelst in dit geval dat wagons met brandbaar gas zich niet naast wagons met brandbare vloeistoffen bevinden. Dit reduceert de kans op een

¹ Een van de aanbevelingen in hoofdstuk 8 betreft de actualisatie van deze reductiefactoren

zogenaamde 'warme' BLEVE zodanig dat het scenario zich in principe niet meer voordoet.

Deze maatregel heeft alleen effect op de trajecten waar bonte treinen voorkomen (combinatie brandbaar gas en brandbare vloeistoffen in één trein). Een deel van het transport van LPG per spoor vindt al plaats in bloktreinen. Daarnaast vindt een deel van het LPG-transport niet plaats in combinatie met brandbare vloeistoffen doordat bijvoorbeeld het vervoer van brandbare vloeistoffen in bloktreinen plaatsvindt of doordat het vervoer van LPG en brandbare vloeistoffen in tegenoverstelde richtingen plaatsvindt.

Bij het scheiden van brandbare gassen en brandbare vloeistof neemt wel het risico en daarmee benodigde capaciteit op emplacementen toe door meer rangeren en langere verblijftijden, wanneer BLEVE vrije treinen worden samengesteld. Goede maatregel voor de vrije baan, maar risicotoename emplacement.

De kans op opnemings-, op afzienbare termijn, van treinsamenstellingsregels voor LPG in het RID is nihil. Recentelijk is een voorstel daartoe van NL afgewezen. In het voorgenomen akkoord met DSM over de beëindiging van ammoniaktransporten worden mogelijk afspraken gemaakt over het aandeel warme BLEVE vrij vervoer. De CTGG, de bundeling van belangenorganisaties op het gebied van gevaarlijk transport, streeft naar een breed convenant over het vervoer van brandbare gassen per spoor [48].

Vermijden van roestrijden door goederentreinen met GS (verkeer) (L4)

Om de treindetectie ook bij weinig gebruikte wissels op peil te houden worden deze wissels planmatig regelmatig bereden. Daarbij dienen treinen met gevaarlijke stoffen te worden uitgesloten (bevoegdheidsregeling roestrijden). Roestrijden geschiedt vanuit oogpunt van veiligheid (bedrijfsgeraad houden van de spoorwegveiligheidssystemen)

Scheiden in tijd en plaats van processen (zie ook procesmaatregelen) (L6)

Van belang voor het doorgaande transport is het scheiden van doorgaand (passerend) treinverkeer met over dezelfde sporen/wissels rijdend/kruisend rangerende reizigers en goederenmaterieel². Het is van belang doorgaande goederenroutes vrij te houden van lokaal rangerend reizigerverkeer, te meer omdat het rangerende verkeer vaak niet volgens plan rijdt.

² In het project PAGE is gekeken hoe het rangeren veiliger gemaakt kan worden. Hierbij zijn 14 rangeerlocaties, vanwege de omvang van de risico's op deze locaties, nader beschouwd in PAGE, en op een klein deel hiervan is deze maatregel toegepast

Transport van gevaarlijke stoffen binnen venstertijden, verdeling vervoer over de dag (verkeer) (L7)

Indien binnen de venstertijden minder mensen in de omgeving van het spoor aanwezig zijn, wordt daardoor de blootstelling beperkt. Deze maatregel verdeelt het groepsrisico op een andere manier. Dat kan voor het hele traject gunstig uitpakken, maar dat hoeft niet zo te zijn.

Gedurende de dagperiode bevinden zich in de binnensteden grote aantallen personen in winkels, kantoren en scholen. Deze bestemmingen zijn gedurende de nacht vrijwel niet bevolkt. Door het transport van gevaarlijke stoffen buiten de dagperiode plaats te laten vinden, bijvoorbeeld tussen 19.00 uur en 07.00 uur, worden in stadscentra minder personen blootgesteld aan de vervoersrisico's. Echter, ter hoogte van woonwijken, waar juist 's nachts veel mensen aanwezig zijn, zal de maatregel venstertijden een averechts effect hebben. Een ander aspect is de aanwezigheid van objecten als stadions e.d., waar doorgaans in de avond grote aantallen mensen juist aanwezig zijn. Alvorens deze maatregel door te voeren, zou dan ook het effect langs de gehele route in beschouwing moeten worden genomen.

NB. Let wel op de relatie met de geluidwetgeving, verplaatsen goederen transport naar de avond- of nachtperiode vraagt extra geluidcapaciteit.

Een voordeel van nachtrijden is ook de verminderde kans op interacties door het minder drukke verkeer (hierdoor lagere ongevalfrequenties).

Speciaal vervoersregime voor bepaalde stoffen: Combinaties van eerdere maatregelen

Voor het transport van chloor per spoor dat in Nederland inmiddels niet meer structureel per spoor plaats vindt, geldt in Nederland de zogeheten Chloorregeling (VSG bijlage 2). De chloorwagens mogen alleen in bloktreinen tijdens daluren worden vervoerd. Er geldt een maximale baanvaksnelheid van 60 km/uur en er is een meldvolgsysteem tijdens het transport. Afwijkingen van de planning dienen aan de treindienstleider te worden gemeld. Deze set van maatregelen kan ook (deels) op transporten van andere vloeistoffen of vloeibare gassen worden toegepast. Voorwaarden zijn dat het gaat om grote hoeveelheden, vaste trajecten, dezelfde verlader en vervoerder. De maatregelen hebben tot effect dat de kans op een ongeval minder wordt, en dat de kans op uitstroming, gegeven een ongeval, eveneens wordt verlaagd.

Een meld-volgsysteem (L8):

Dit estaat feitelijk al. In het Online Vervoer Registratie Systeem van ProRail is de wagenlijst gekoppeld aan het geplande treinnummer. Daarnaast kan men denken aan **tracking en tracing (L8)** en andere telematica toepassingen.

Procesmaatregel generiek

Zie de toelichtingen in [46] bij de volgende maatregelen. NB hierin zijn uitsluitend maatregelen genoemd welke relevant zijn voor doorgaand spoor:

- Processen overbodig maken zoals (roestrijden (L4), en kopmaken/tractiewisseling
- Minder gebruiken van bepaalde trajecten en knooppunten (routekeuze)
- Risicoverminderend bijsturing en planning van buitentermijnaanvragen (verbeteren verkeersleiding). Risicoreducerende elementen zijn al separaat genoemd
- Afdwingen van routes op knooppunten/emplacementen die vanuit veiligheid optimaal zijn. (met als ultieme variant een dedicated goederen passage door een emplacement/knooppunt (**L5**))
- Verbeteren van informatievoorziening. (zoals OVGS, zie hoofdstuk 7)
- Beheersen treinsamenstelling (afstand tussen wagens met gevaarlijke stoffen, bloktreinen). Geldt met name voor scheiden A en C3.

In [46] zijn ook procesmaatregelen in het rangeerproces benoemd. Deze zijn niet relevant voor het doorgaande transport.

5.2 Infrastructuur en directe omgeving (I9 t/m I21)

Slim ontwerp van drukke knopen (verkeer) (zie ook procesmaatregelen)

Specifieke rijwegen met minder interactiepunten L5, vrije doorrijdsporen, fly-over voor kruisend verkeer I12. De kans op ontsporing is hoger bij afleidende wissels dan bij een rijweg met rechte wisselstand (vermijden afbuigende wissels in rijwegen). Bij de aanleg en aanpassing van de infrastructuur en de planning van de rijweg door een verkeersknoop is dit nog geen functioneel uitgangspunt.

Preventieve maatregelen interactie

Hierna volgt een groep maatregelen die allen bijdragen aan het minimaliseren of doen verdwijnen van de kans op interactie (botsing) tussen treinen onderling/trein-rangeerdelen of trein/rangeerdelen-wegverkeer.

- ERTMS/ECTS

ETCS, level II (I9)

Het oude ATB systeem (ATB-EG) werkt niet bij snelheden < 40 km/uur. Het daarna ontwikkelde ATB-NG systeem werkt wel over het gehele snelheidsgebied, doch de algemene invoering daarvan is door de hoge ombouwkosten gestopt. Vanwege internationale harmonisatie is het European Train Control System (ECTS) ontwikkeld. Dit ETCS-systeem beoogt dat treinen met voldoende onderlinge afstand rijden (zogenoeten Movement authority) gebaseerd op de eigen remkarakteristiek. Dit leidt tot aanmerkelijk lagere ongevalsfrequenties (zie bijlage 3).

De Betuweroute is voorzien van ECTS.

- **ATBvv (I10)**

Is een toevoeging op het Nederlandse treinbeïnvloedingssysteem ATB-EG om treinen automatisch voor een stoptonend sein tot stilstand te kunnen brengen. De aanleiding voor deze toevoeging is het toenemend hoge aantal STS-passages*. Deze zijn bepalend voor de hogere ongevalfrequenties op stations situaties [53]. ATBvv vermindert de kans op interacties (botsingen) bij wissels. In het kader van het landelijk ProRail programma reductie STS-passages zullen duizend eerst in aanmerking komende seinen voor eind 2008 voorzien zijn van ATBvv.

Toelichting STS-passage

STS-passages=stop tonend sein passages (door rood rijden)
De Automatische Trein Beïnvloeding (ATB) grijpt in als een trein harder rijdt dan lokaal is toegestaan. Onder 40 km/uur werkt ATB eerste generatie (ATBeg) niet. STS-passage is mogelijk met lage snelheid, met als mogelijke gevolgskans (circa 1%) een botsing met een andere trein. Bij een STS-passage komt een trein in een reeds bezet blok of zal een wissel worden open gereden, waardoor een trein onbedoeld op een bezet spoor terecht komt. Bij de botsing kan een andere trein betrokken raken die op hoge snelheid voorbij komt. Op reizigersknopen komt van en naar verschillende richtingen treinverkeer samen dat niet altijd conflictvrij kan kruisen. Op deze "complexe situaties" (veel wissels met kruisend verkeer, veel treinen, goederentreinen met gevaarlijke stoffen) kunnen aankomende, vertrekkende en rangerende reizigertreinen na een STS-passage botsen met een doorgaande goederentrein die al of niet met hogere snelheid rijdt. Het nieuwe Europese Train Control System (ETCS) bewaakt (ook bij lage snelheid) de remweg zodat de kans op een STS-passage ook op drukke punten afneemt

De ministers van VenW en VROM hebben met bestuurders langs de Brabantroute afspraken gemaakt over aanvullende implementatie van ATBvv bij circa 100 seinen. [38]. Bij de vormgeving van het Basisnet Spoor zullen mogelijkheden betrokken worden om op circa 400 resterende lokaties ATBvv aan te leggen. Het kansreducerende effect van ATBvv wordt door het RIVM onderzocht.

Saneren wissels / interactiepunten (I11)

Hoe minder wissels een trein onderweg passeert, hoe minder kans op een interactie. ProRail wil ook vanuit reductie onderhoudskosten het aantal wissels terugbrengen. Dit wordt mede ondersteund door de corridorgedachte als ontwerpfilosofie.

- **Railverkeerstechnisch ontwerp: Fly over voor kruisend verkeer (I12)**

Vermijden, verminderen van kans op interacties (wissels).

- **Railverkeerstechnisch ontwerp: Aanleg van een dedicated spoor voor GS (I12)**

Vermijden, verminderen van kans op interacties (wissels).

- **Railverkeerstechnisch ontwerp: Wissels met beweegbare puntstukken (I18)**
Wissel met puntstukconstructie zonder ongeleide opening. Ter hoogte van dit puntstuk is in wezen sprake van een doorgaande spoorconstructie, zonder enige onderbreking. Dit grijpt in op de mogelijke ontsporing op een wissel. Indien wissels met beweegbare puntstukken worden toegepast is sprake van een risicoreductie. Over deze wissels kan met hogere snelheden gereden worden.

- **Opheffen overwegen (I16)**
Kans op botsingen met wegverkeer wegnemen. Om het totale risico te verminderen moet een ongelijkvloerse kruising worden aangebracht. Het belangrijkste doel bij externe veiligheid is de reductie van de ontsporingkans langs de vrije baan. Als gevolg van deze ontsporing kunnen wagons met een gevaarlijke lading kantelen en daardoor zodanig beschadigd raken, dat de inhoud vrijkomt³. Bij nieuwbouw of ingrijpende verbouwing van een bestaand spoortracé worden al standaard geen gelijkvloerse kruisingen meer toegestaan. Ook worden geen gelijkvloerse kruisingen meer toegestaan bij de aanleg van nieuwe wegen, behoudens in zeer uitzonderlijke gevallen.

- **Verbetering beveiliging overwegen (I16)**
Minder botsingen met verkeer op de overweg is het resultaat, door het ombouwen van Automatische Knipperlicht Installaties (AKI) naar mini Automatische Halve Overwegbomen (mini-AHOB). Dit is een bestaand, vrijwel afgerond programma. Voorkomen dat voertuigen blijven steken op overwegen.

- **Beveiliging werkzaamheden aan/nabij spoor (I19)**
Beveiliging werkzaamheden aan en nabij spoorweg inclusief spooronderhoud en spoorvernieuwing, waardoor minder kans op botsing/ontsporing.

- **Controleren directe omgeving spoorbaan (I20)**
Controleren van directe omgeving van spoorbaan op objecten die een ketelwagen bij ontsporing kunnen doorboren. Bijvoorbeeld zorgen dat er geen betonnen paaltjes in directe omgeving staan.

- **Controleren omgeving op objecten/activiteiten die infra/treinen kunnen schaden (I21)**
Kruisende infrastructuur, windmolens: stormschade door begroeiing, voorzieningen treffen om gooien voorwerpen op spoor tegen te gaan.

Preventieve maatregelen ontsporing (I13, I14 en I15)

- **Ontsporinggeleiding (I13)**
Aanbrengen van 'vangrails' van staal of beton binnen of buiten de spoorrails voorkomt dat bij ontsporing alle wielen buiten het spoor komen. Hierdoor ontstaat een lagere kans

³ De hiervoor in risicoberekeningen toegepaste overwegentoeslag op de ongevallenfrequentie is niet correct en is circa een factor 10 lager dan in het Rekenprotocol Spoor aangegeven.

op kantelen of scharen van de wagons en daardoor enerzijds schade aan de ladingcontainer en als gevolg daarvan vrijkomen van de gevaarlijke lading, maar anderzijds ook een vermindering van de botsingskans met treinen in het nevenspoor of met obstakels, waardoor eveneens kans op schade aan de ladingcontainer en daardoor vrijkomen van de lading. Ontsporinggeleiding wordt op dit moment in hoofdzaak toegepast op plaatsen als bruggen, viaducten, tunnels en (krappe) bogen. Het is niet mogelijk ontsporinggeleiding ter hoogte van wissels aan te brengen, met andere woorden het toepassen ter reductie van ontsporingkans bij wisselpassage is niet mogelijk.

- **Hot box detectie (I15a)**

Hotbox-detectie detecteert het warmlopen van assen van treinen op plaatsen op het traject en niet door de assen van de wagons zelf te meten. De trein wordt vervolgens stilgezet om ontsporing te voorkomen en het euvel zo snel mogelijk te kunnen verhelpen.

- **Gotcha/Quo Vadis (I15b)**

Met het meetsysteem Gotcha/Quo Vadis worden onregelmatigheden in de loop van wagens gedetecteerd ("vierkante wielen"). Hiermee kan preventief het potentieel ontspoorrisico door defecten aan het loopwerk worden verkleind. In stedelijk gebied zal dit scenario vaak niet bepalend zijn, wel op de vrije baan waar ook met hogere snelheden wordt gereden.

- **Videoschouw (I14)**

Door de introductie van videoschouw (I14) worden onregelmatigheden in de baan of bij wissels (achterstallig onderhoud) sneller gesignaleerd.

Opvang vloeistof in de infra (I17)

Als regel ligt het spoor in circa 40 centimeter ballastbed op de ondergrond. Een vloeistof zakt meteen weg in de ballast en dringt vervolgens in de bodem. Bij praktijkproeven op de Betuweroute van een instantane uitstroming [58] is gebleken dat na circa 10 minuten de vloeistof vervolgens deels ook naar de naastliggende spoorstoot uitloopt.

Bij proeven op Kijfhoek en de lekkage bij het incident te Boxtel [57] werd een plas van circa 250 m² geconstateerd. Wanneer vanwege kunstwerken geen het spoor niet in ballast ligt maar op een gesloten ondergrond kan de vloeistof zich over een veel groter oppervlak verspreiden. Op die plaatsen kunnen preventieve aanvullende maatregelen er voor zorgen dat de vloeistofplas effectief wordt afgevoerd, bijvoorbeeld via bezinkputten. Zie ook plasbeperkende maatregelen in de omgeving naast de infra, O20.

5.3 Preventieve maatregelen bij/door verladings (V23 t/m V25)

Controles en Inspecties (verladings) (V23)

Er vinden continu inspecties plaats op kenbare gebreken aan het reservoir en op het loopwerk van de (nog onbeladen) wagen. Er zijn internationale afspraken over de steekproef grootte voor de controle op juistheid van de wagenlijsten bij de overdracht tussen vervoerders. Technische controle voor plaatsing bij het laad/vulstation. Voor vertrek worden alle wagens gecontroleerd op kenbare gebreken, loopwerk, beladingaspecten, opschriften en etikettering. De samenstelling (wagenlijst) en

beremming van de trein wordt gecontroleerd. Tijdelijk geparkeerde treinen worden opnieuw gecontroleerd.

Ondanks dat ketelwagens periodiek worden getest op druk (RID 6.8.2) is intrinsiek falen door gebreken aan het reservoir zoals vermoeiingsscheuren, corrosie, niet 100% uit te sluiten. Aan ketelwagens voor zeer gevaarlijke stoffen stelt het RID ook hogere eisen aan materiaal en uitrusting (zoals crashbuffers).

Toelichting: controles

Bij het vullen van een ketelwagen kunnen fouten gemaakt worden. Daarbij is niet alleen de vervoerder betrokken. Het laden en lossen zelf vindt vaak plaats door de verlader of door derden in diens opdracht. Er kan een verkeerde stof worden beladen of een verkeerde wagen voor de stof zijn beladen. Er kan product achterblijven in de lospijp, met druppellekkage tot gevolg. De afsluiters kunnen gaan lekken (beschadigde pakkingen of mechanische verontreiniging). Door overvulling en/of overdruk kunnen stoffen vrijkomen. Bij het ophalen van de wagen inspecteert de vervoerder de betreffende wagen op kenbare gebreken.

Vaker onderhoud en inspectie van reservoirwagens (V23)

Voor reservoirwagens voor gevaarlijke stoffen geldt een in het RID vastgelegde periodiek onderzoek en hydraulische beproeving op dichtheid en functietest (8 jaar). Daarnaast geldt een inspectietermijn voor dichtheid en functie van 4 jaar voor ketelwagens en 2,5 jaar voor tankcontainers. Door een aantal grote chemische bedrijven wordt een recentelijk door CEFIC ontwikkeld inspectiesysteem toegepast waarbij elke ketelwagens jaarlijks technisch wordt geïnspecteerd, de zogeheten RTC (Rail Tank Car, Amerikaans voor tankwagon) checklist.

Toelichting RTC checklist jaarlijkse inspectie

De RTC Checklist voor een jaarlijkse technische inspectie van ketelwagens is ingevoerd omdat uit onderzoek was gebleken dat de wettelijk voorgeschreven inspectie, eens in de vier jaar, onvoldoende was. De jaarlijkse inspecties moeten leiden tot een reductie van het aantal mankementen aan wagons. De uitkomsten van de inspecties door de grote chemische bedrijven worden centraal opgeslagen en gebruikt om trends in de gebreken aan ketelwagens op te sporen. De resultaten worden jaarlijks gerapporteerd aan het Ministerie van Verkeer & Waterstaat.

Monitoring en melding onregelmatigheden in de gehele keten (V24)

Zie organisatorische maatregelen in paragraaf 5.5.

Veiligheidsmanagementsysteem (V25)

Belangrijke elementen van een door de chemische industrie preventieprogramma betreffen **SQAS** (Safety Quality Assessment System) voor alle transportmodaliteiten evenals **Best Practices Guidelines** die een veiliger transport moeten waarborgen. Deze eisen zijn door de (meeste) grote chemische bedrijven opgenomen in de contracten met

de logistieke dienstverleners en dienen tevens om de prestaties van deze bedrijven op de gebieden kwaliteit en veiligheid te monitoren.

Toelichting:

Het veiligheidsmanagement systeem behelst een groot aantal maatregelen: zie ondermeer [31] en de andere in paragraaf 3.5 vermelde organisatorische maatregelen ontleend aan [46].

Meer opleiding personeel in de gehele keten (V25)

Zie organisatorische maatregelen in paragraaf 5.5.

5.4 Technische maatregelen materieel (T26 t/m T31)

De in UIC verenigde spoorwegmaatschappijen hebben in UIC-fiche 573 technische voorschriften voor de bouw van ketelwagens vastgelegd [60]. Sommige voorschriften zijn voor de aangesloten leden verplicht. Maatregelen aan de ketelwagens kunnen uitsluitend in internationaal verband afgedwongen worden via het zogenaamde RID. In het RID worden onder andere verbeteringen aan ketelwagens internationaal verplichtend opgelegd voor nieuwe wagens. Dit op basis van voorstellen van een internationale Arbeitsgruppe Tank- und Fahrzeugtechnik die regelmatig rapporten uitbrengt over verbeterpunten aan het rollend materieel.

Voor specifieke gassen klasse 2 (LPG, Ammoniak) moeten bijvoorbeeld sinds 2005 nieuwe wagens voorzien zijn van energie absorberende elementen (Crashbuffers, TE22). Voor giftige gassen, zoals Ammoniak, geldt dit niet alleen voor nieuwe wagens, maar geldt dit bovendien ook voor de huidige vloot met als uiterste realisatiedatum 2011. Daarnaast moeten de nieuwe wagens voor toxische gassen vanaf 2007 ook van een beveiliging tegen overbuffering voorzien zijn (overbuffering of opklimbeveiliging TE25).

Hittewerende coating op de ketelwagens (T26)

Door aanbrengen van een isolerende coating aan de buitenzijde van de ketelwagens wordt de kans op een 'warme' BLEVE nog lager [1], [4], [5]. Er ontstaat meer tijd om omwonenden te evacueren. Door de coating/isolatie wordt koeling met water minder zinvol, in ieder geval gedurende de standtijd van de coating. Bij bestrijding moet er wel voor worden gezorgd dat er voorzieningen zijn om een eventuele plasbrand te bestrijden.

In [4], [5] zijn naast thermal protection nog andere maatregelen beschreven om een warme BLEVE te voorkomen, Het betreft PRV (drukontlastingsventiel), conductive cooling en liquid cooling.

Crashbuffers (T27)

Bij botsingen en ontsporingen waarbij de voorkant van de trein abrupt tot stilstand komt, lopen de achterliggende wagons tegen elkaar op. De normale buffers zijn niet op deze grote langskrachten berekend. Crashbuffers bevatten kreukelzones die botsingsenergie kunnen absorberen. Om afname van de functionaliteit te voorkomen treedt een crashelement pas in werking bij snelheden boven de 15 km/uur. De crashbuffers verschillen qua uitvoering sterk per leverancier.

Per 2005 geldt de verplichting (RID, maatregel TE22) dat, bij nieuwe ketelwagens voor vervoer van brandbare en giftige gassen en sommige zeer giftige vloeistoffen (tankcode L15CH, L15DH en L21DH), de buffers van de ketelwagens moeten zijn voorzien van energieabsorberende elementen (crashelementen met een absorptievermogen 800 kJ per wageneinde); deze elementen moeten werkzaam zijn bij een olopstoot/ongeval bij snelheden boven 15 km/uur. Voor bestaande ketelwagens geldt voor giftige stoffen een overgangsbepaling tot 2013. Deze overgangsbepaling geldt niet voor LPG.

Preventie van overbuffering, en beperking schade door overbuffering (T28)

Bij te grote langskrachten (hoge snelheidsverschillen) bij ernstige treinongevallen (botsingen, vooral bij ontsporingen) komen buffers van opeenvolgende wagons uit hun normale positie. De buffer(s) van de ene wagen kunnen de bodem van een ketel (de kopse kant van de volgende ketelwagen) beschadigen. Daarom moeten bij ketelwagens die vanaf 1-1-2007 worden gebouwd en die bestemd zijn voor giftige en/of brandbare gassen en zeer giftige vloeistoffen een van de volgende voorzieningen zijn toegepast (RID, maatregel TE25):

1. Een opklimbeveiliging, om de oorspronkelijke posities zoveel mogelijk te behouden,of;
2. een beschermend schild aan de uiteinden van de wagen
of
3. verhoging van de wanddikte van de tankbodems (tankuiteinden)
of
4. een sandwich-cover op de tankbodems.

Deze middelen verhinderen dat ketels bij snelheden tot circa 35 km/uur doorboord raken.

Ontsporingdetectie (T29)

Er zijn twee systemen voor ontsporingdetectie: een mechanisch systeem met pneumatische noodremming bij ontsporing en een elektronisch systeem gebaseerd op gebruik van telematica. Op deze wijze is een ontsporing te detecteren waarbij de trein tot stilstand komt voordat wagons beschadigd zijn. Het systeem is pas efficiënt als het op alle in Europa rijdende wagons is aangebracht. De werkzaamheid van het systeem in een treinverband is nog onvoldoende bekend.

Dat nieuwe ketelwagens voor vervoer van giftige gassen en zeer giftige vloeistoffen verplicht voorzien moeten zijn van middelen ter detectie van ontsporing is vooralsnog niet zeker.

PM: Zie de website van OTIF voor meer informatie

Remluchtcontrolesysteem (T30)

Er zijn ongevallen bekend die zijn veroorzaakt door het niet beschikbaar zijn van doorgaande hoofdluchtleiding, waardoor de remcapaciteit niet volledig beschikbaar was.

Zie de website van OTIF voor meer informatie.

Veiligheidsklep (PRV)

Net als bij tankauto's kan een PRV (pressure relief valve of afblaasklep) aangebracht worden om eventuele ontstane overdruk af te laten. In het RID zijn al voorschriften voor veiligheidskleppen opgenomen deze zijn verplicht gesteld voor sterk gekoelde vloeibaar gemaakte gassen zoals CO₂.

(PM: maatregelen parkeren)

Dubbele afsluiters, waarvan één binnenliggend

Het meervoudig uitvoeren van afsluiters op alle spooketelwagens, waarvan één binnenliggend, reduceert de kans op lekkage en uitstroming ten gevolge van beschadiging van de wagon of het falen van één van de afsluiters. Deze maatregel wordt reeds toegepast bij alle wagens met onderlossing.

Meer inzet dikwandige/veiliger ketelwagens (inzet verbeterde GSwagens) (T31)

De minimum vereiste dikte van de ketel is afhankelijk van de proefdruk van de stof en de diameter van de ketel. Zie de website van de wagenverhuurder VTG voor beschrijving van een verbeterde wagen, de zogenaamde CPR-wagen.

5.5 Organisatorische maatregelen

Zie de toelichtingen in [46] bij volgende maatregelen:

- Veiligheidskritisch ontwerpen
- Continu verbeterproces
- Verbeteren van veiligheidsbeleving
- Verbeteren beschikbaarheid informatie over lading GS – OVGS!
- Verbeteren van onderhoud
- Verbeteren van inspectie
- Verbeteren opleiding en instructies
- Verbeteren kwaliteitssystemen en borgen veiligheidsprestaties
- Leren van incidenten en storingen
- Beter controle van bestemmingsplannen op veiligheidscriteria
- Verbeteren van toezicht, audits
- Open besluitvorming (transparantie, verantwoording restrisico's)
- Maken van veiligheidsafspraken (borgen maatregelen)
- Versterken van kennismanagement op veiligheidscritische onderwerpen
- Ontwikkelen van integrale veiligheidsinstrumenten

6 Specifieke maatregelen in de overdrachtsfeer

6.1 Maatregelen in gebied tussen spoor en gebouwen (O18 t/m O20)

Om de blootstelling aan gevaarlijke stoffen te minimaliseren kunnen maatregelen in de overdrachtsfeer getroffen worden, zoals bepaalde bouwkundige voorzieningen langs het spoor. Deze kunnen de gevolgen van een eventueel ongeval in de omgeving beperken (of “verplaatsen”). Bij dit type maatregelen moeten echter wel de eventuele gevolgen voor de veiligheid van de verkeersdeelnemers (interne veiligheid) betrokken worden.

Minimalisatie drukgolf en andere effecten richting bebouwing (O18)

Ten behoeve van de spoorzone Dordrecht/Zwijndrecht [62] zijn verschillende maatregelen onderzocht waarmee de overdracht kan worden beperkt. Onder andere het isoleren van het spoor ten opzichte van de omgeving is zeer effectief maar kostbaar. Voor de volledigheid worden navolgende maatregelen genoemd:

- Verdiept aanleggen spoor.
- Overkluizen van het spoor.
- Spoortunnel.

Afscherming door druk- en hittewerende constructies (O19)

Door de bouw van een hittewerende constructie langs het spoor wordt de achterliggende bebouwing beschermd tegen vrijkomende warmte. Middels de bouw van een druk- en hittewerende constructie langs de infrastructuur worden gebouwen tegen beide effecten beschermd. Een mogelijkheid is om in plaats van één muur twee muren te plaatsen waarbij de achterste muur hoger is dan de voorste. Hiermee zal de drukgolf beter over de bebouwing geleid worden en kan de tweede muur mogelijke brokstukken van de eerste muur opvangen. Een andere mogelijkheid is het achter de betonnen muur aanleggen van een aarden wal.

Deze zorgt voor meer massa waardoor de drukeffecten beter opgevangen kunnen worden. Daarnaast wordt hiermee de kans op gevaarlijke brokstukken van de muur weggenomen. De effectiviteit van deze maatregel is sterk afhankelijk van de afstand van de bebouwing tot de wal en de hoogte van het te beschermen gebouw. Daarnaast is vanuit esthetisch oogpunt een dergelijke wal niet wenselijk.

Plasbeperkende maatregelen (O20)

Voor het beperken van de effecten bij het vrijkomen van gevaarlijke vloeistoffen (brandbaar en/of toxisch) zijn plasbeperkende maatregelen zeer effectief (zie ook I17)

Maatregelen die een vloeistofplas (toxische of brandbaar) beperken hebben een sterk reducerend effect. Bij een kleinere plas brandbare vloeistof wordt het effect van warmtestraling sterk gereduceerd. Bij voldoende reductie kan een zogenoemde “warme BLEVE” worden uitgesloten. Tevens kan hiermee de plas op afstand van een gebouw worden gehouden. Ook is een kleinere brand beter beheersbaar voor de hulpdiensten. Bij

een plas toxische vloeistof zal de verdamping van de vloeistof sterk worden gereduceerd door het kleinere oppervlak en kan verdere verspreiding ook worden voorkomen.

Voorbeelden van mogelijke uitvoeringen zijn: bezinkputten of aangepast rioleringsstelsel (geschikt voor opvang van gevaarlijke stoffen; hierin moet wel een voorziening zijn voor hemelwaterafvoer), Kanalisering is niet wenselijk omdat hierdoor juist de plasbrand sneller bij andere wagons komt [28].

Afvoer van brandbare vloeistoffen vraagt vooral aandacht bij verhoogde ligging van het spoor en spoorinbedding in beton in plaats van ballast.

6.2 Tegen warmtestraling en brandoverslag (B40)

Hittewerend uitvoeren van de gevel van het gebouw

Tegen de effecten van mogelijke branden van gevaarlijke stoffen bij een warmtestraling $>15 \text{ kW/m}^2$ kunnen aanvullende maatregelen worden getroffen aan de gevel van de gebouwen (hittewerend glas, e.d.). Hierdoor worden personen binnen beschermd tegen de warmtestraling en hebben zij meer tijd om te vluchten. Deze maatregelen moet in combinatie met de maatregel, "geen beweegbare (raam-/deur)openingen", worden getroffen om hiermee te voorkomen dat brandoverslag mogelijk is door openstaande ramen/deuren.

Watergordijn voor of langs gevel (als alternatief voor hittewerend uitvoeren)

Door het toepassen van een watergordijn dat langs de gevel stroomt van een gebouw is het mogelijk de warmtestraling die optreedt op de gevel te reduceren. Hierdoor blijft de situatie in het gebouw voor de aanwezigen daar voor langere tijd niet-kritiek waardoor vluchten mogelijk is. Het water dat langs de gevel stroomt bij een brand heeft een reducerend effect op de warmte doordat de warmte wordt opgenomen door het stromende water en zo niet de gevel bereikt. Afhankelijk van de te verwachten warmtestraling (afhankelijk van de afstand tot de brand en het type brand) dient de dikte en snelheid van de waterfilm bepaald te worden. Hoe meer water er langs de gevel stroomt hoe groter de capaciteit om warmte af te voeren (is afhankelijk van de dikte van de laag en de snelheid). Bij een warmtestraling van 52 kW/m^2 kan een waterfilm van 1 cm dikte en een snelheid van 1,0 m/s zorgen voor voldoende afvoer van warmtestraling [16]. Deze waterfilm kan tegen of voor de gevel worden toegepast. Bij een waterfilm met enige afstand voor het gebouw heeft een groter effect door de isolerende werking van de tussengelegen lucht.

Brandcompartimentering

Door compartimentering van de gebouwen vindt er minder snel brandoverslag binnen de gebouwen plaats. Dit is een vereiste uit het bouwbesluit en vormt daarmee geen aanvullend te treffen maatregel voor verhoging van de veiligheid.

Sprinklersysteem

Door het toepassen van een sprinklerinstallatie in een (kantoor)gebouw of gebouw met een publieke functie wordt een brand beperkt in de ontwikkeling en kan minder eenvoudig overslaan. Daarnaast wordt de zelfredzaamheid voor personen door het vertragende en reducerende effect van de sprinkler sterk vergroot. Vereisten conform bouwbesluit.

6.3 Maatregelen in de omgeving ten behoeve van de zelfredzaamheid (B41)

Indeling van de gebouwen

Door bij het ontwerp van de gebouwen rekening te houden met de indeling van de gebouwen, bijvoorbeeld door aan de kant van het spoor weinig (kwetsbare) mensen te laten verblijven, kunnen de effecten voor aanwezigen worden beperkt.

Indeling gebied voor externe veiligheid optimaliseren

Naast de indeling van de gebouwen kan ook bij de indeling van het totale terrein rekening gehouden met veiligheid.

Door het bouwen van gebouwen met een lage bezettingsgraad aan de spoorzijde worden de daar achter liggende gebouwen beschermd. De bezetting van deze gebouwen zal voornamelijk 's middag en 's avonds zijn, terwijl de transporten voornamelijk 's nachts plaatsvinden. Door het realiseren van bestemmingen met een lage bezettingsgraad in de nabijheid van het spoor kan bij een incident het aantal slachtoffers worden beperkt. Dit is zowel het geval bij brand en explosie als bij het vrijkomen van toxische gassen. De gebouwen langs het spoor hebben bij brand en explosie een grote afscherpende werking voor de achterliggende gebouwen.

Vluchtroutes niet- aan spoorzijde en van spoor af

Bij de inrichting van een gebied moet rekening gehouden met de mogelijkheden voor zelfredzaamheid en hulpverlening. Door het effectief ontwerpen van de vluchtwegen kan de zelfredzaamheid en de mogelijkheid tot hulpverlening in geval van een incident worden vergroot. Hierdoor is het mogelijk voor de aanwezigen in het gebouw bij een brand op het spoor in de andere richting van het spoor af te ontruimen. Van groot belang is wel dat deze vluchtwegen zoals deze zijn ontworpen tijdens de exploitatiefase ook vrijgehouden moeten worden.

Vraag is of ontruiming bij een ongeval met toxische stoffen of een dreigende BLEVE altijd wenselijk is.

Waarschuwing en alarmering bedreigde bevolking

Aanvullende systemen op WA-systeem (sirenes), zoals cell-broad-casting/sms-alert, etc.

6.4 Tegen blootstelling aan toxische stoffen (B42)

Geen beweegbare (raam)openingen

Door het niet toepassen van beweegbare ramen (in kantoren) kunnen gassen minder eenvoudig het gebouw binnenkomen. Dit is niet mogelijk bij woningen.

Aanzuiging van lucht

De kantoorpanden worden voorzien van een centraal luchtbehandelingsysteem. De aanzuiging van verse lucht voor deze systemen is gesitueerd op de daken van de gebouwen. Indien er op het spoor bij een incident toxische stoffen vrijkomen, zullen deze niet direct door de systemen worden aangezogen. Bij stoffen zwaarder dan lucht levert dit een groot voordeel, maar ook bij stoffen lichter dan lucht zal dit een vertragend effect hebben op de aanzuiging en daarmee verspreiding van toxische gassen in gebouwen.

Automatische afsluiten van openingen, airco's of ventilatiesystemen

Het voorzien van alle openingen en ventilatiesystemen van automatische afsluiting kan er voor zorgen dat gassen van buiten minder eenvoudig en minder snel binnen komen. Door het automatische (laten) sluiten van (raam)openingen of voorzieningen van airco's of andere ventilatiesystemen kan de inlaat van toxische gassen in het gebouw sterk worden gereduceerd. Hierbij is de snelle detectie van de noodzaak van groot belang. En vooral bij het vrijkomen van toxische gassen, waarbij niet direct duidelijk is dat het toxische gassen betreft, vormt dit een probleem. Aangezien de verschillende stoffen weer andere detectiemethoden hebben, is automatische detectie niet mogelijk. Snelle alarmering en het sluiten van de openingen is dan ook van groot belang. Bij open gebouwen is het waarschijnlijk niet goed mogelijk om volledige bescherming te bieden tegen toxische gassen door het afsluiten van ramen / airco's of ventilatiesystemen.

Beheersing luchtcirculatie

Het kunnen beheersen van de luchtcirculatiesystemen in gebouwen (kantoren, parkeergarages) door de brandweer kan ervoor zorgen dat bij het vrijkomen van toxische gassen er geen giftige dampen het gebouw in gezogen kunnen worden. Deze voorziening is een aanvulling op het vereiste brandmeldpaneel en de daarin opgenomen voorziening voor het centraal afgrendelen van het ventilatiesysteem. Hiermee kan de brandweer, afhankelijk van het type incident, de werking van de installatie bedienen en zo de effecten van het incident in de gebouwen zo lang mogelijk beperken.

6.5 Tegen drukeffecten (B43)

Incasseringsvermogen gebouwen verhogen

Bouwtechnische oplossingen waarmee de drukeffecten opgevangen kunnen worden en op deze manier schade als gevolg van overdruk beperkt kan worden (explosiebestendig ontwerpen).

Rekening houden met drukeffecten in materiaalkeuze

Bij (de uitwerking van) het ontwerp van het gebouw kan rekening worden gehouden met drukeffecten om op deze manier schade als gevolg van overdruk te beperken. Door sterke materialen toe te passen kan de schade aan de bebouwing worden beperkt en kan er dichter langs de infrastructuur worden gebouwd. Daarbij kan onder andere worden gedacht aan explosiebestendig glas of bij de sterkteberekening van de constructie hiermee rekening te houden. Hierbij geldt dat de belasting afhankelijk is van de afstand waarop de maatregel wordt toegepast. Het explosiebestendig ontwerpen is over het algemeen relatief duur en leidt tot grotere constructiedikten. Volledig bescherming is op korte afstand moeilijk, maar kan wel de effecten sterk reduceren. Daarnaast is ook het minimaliseren van gevelornamenten en verankeren van gevelbeplating een maatregel om rondvliegende stukken te voorkomen in geval van een explosie. Indien glas wordt toegepast gaat het om gelaagd glas (twee of drie lagen) dat een maximale overdruk van circa 2 bar kan opnemen. Dit is echter sterk afhankelijk van het tijdsverloop van de overdruk, de wijze van ondersteuning van het glas, de afmetingen van het glas en verder de afmetingen van het gebouw, omdat de overdruk die zich opbouwt bij een gebouw sterk afhankelijk is van onder andere de afmetingen van het gebouw zelf. Bij het toepassen van explosiebestendig glas dient ook de rest van de gevel en constructie te worden ontworpen op deze overdruk.

6.6 Organisatorische maatregelen in gebouwen

Ontruimingsinstallatie, organisatorische maatregelen (ontruimingsplan)

Conform het Bouwbesluit is een ontruimingsplan en ontruimingsinstallatie noodzakelijk voor kantoren. Hierdoor zijn mensen in de kantoren op de hoogte van de vluchtmogelijkheden en kan een ontruiming efficiënt plaats vinden. Hierbij is het van belang dat het ontruimingsplan wordt afgestemd op de lokale situatie en dat er daarom rekening wordt gehouden met de kans op een incident op het spoor met gevaarlijke stoffen.

Afweging aangepast ontruimen of extra beschermen

In eerste instantie is een ontruimingsplan bedoeld voor calamiteiten in een gebouw, zoals brand. En dan geldt altijd dat naar de omgeving moet worden gekeken om een vluchtroute te kunnen vaststellen. Bij gebouwen nabij de infrastructuur kunnen aangepaste ontruimsценario's zinvol zijn. Het is de vraag of het wenselijk is dat mensen bij een incident op het spoor ook naar buiten gaan en zo ja in welke richting. Ook vanuit brandweerszijde wordt dit wel gesteld. Bij veel scenario's buiten biedt binnenshuis verblijven in het algemeen meer kans op bescherming dan buitenshuis. Bij dreigende BLEVE is het de vraag of je, vooral in een drukke stationsomgeving, mensen op tijd veilig weg krijgt, en dan is binnenshuis te prefereren. Bij elke situatie dienen de ontruimingsmogelijkheden afgewogen te worden tegen het dreigende gevaar van de ongevalsituatie in de omgeving.

7 Maatregelen ten behoeve van de hulpverlening

Een effectieve rampenbestrijding en hulpverlening kunnen er mede toe bijdragen dat er als gevolg van een ongeval met het vervoer van gevaarlijke stoffen minder slachtoffers vallen, minder schade is en mogelijk ook dat de scenariokarakteristieken veranderen.

Om dit te kunnen bereiken moet aan een aantal voorwaarden zijn voldaan:

- de hulpdiensten moeten adequaat geïnformeerd worden,
- de hulpdiensten moeten voldoende deskundig zijn met betrekking tot:
 - specifieke eigenschappen van de stoffen (toxiciteit)
 - techniek van ketelwagen en container
- de plaats van het ongeval moet goed bereikbaar zijn,
- de bluswatervoorziening moet gegarandeerd zijn, etc.

Een goede opleiding, regelmatig bijscholen en oefenen dragen bij aan de effectiviteit van de rampbestrijding. Dit vormt ook een basis voor een regelmatige update van calamiteitenplannen en rampenbestrijdingsplannen (trein incident management plannen).

Bijstandsregelingen (nationaal, verladers) (N32)

Het gaat hierbij om verbeteren van de informatieverschaffing (zoals OVGS) en ondersteuning bij de hulpverlening (door verlader) en het inrichten nationale GS rampbestrijding samen met verladers.

Doel is het (op verzoek van de OHD) verlenen van ondersteuning bij de bestrijding van transportongevallen met gevaarlijke stoffen.

Het is de wens van verladers om veel sneller en nadrukkelijker betrokken te worden/ingeschakeld te worden bij een melding bij gevaarlijke stoffen. De hulp kan bestaan uit:

- Verstrekken van productveiligheidsinformatie.
- Technische ondersteuning door het sturen van een bedrijfsdeskundige ter plaatse.

Ondersteuning bij repressie door de bedrijfsbrandweer.

7.1 Preparatie (spoorbranche, OHD)

Calamiteitenorganisatie spoor (N34)

Calamiteitenplan Rail (spoorbranche)

Leidraad voorbereiding treinincident bestrijding (spoorbranche en OHD)

Trein Incident Management plannen (TIM, lokaal)

Toelichting

De Calamiteitenorganisatie van de Spoorbranche is een samenwerkingsverband van alle deelnemers in het railverkeerssysteem. De organisatie is vastgelegd in het Calamiteitenplan Rail. Het Calamiteitenplan Rail is een kader voor de spoorbranche en

sluit aan bij de procedures die met de overheidshulpdiensten zijn overeengekomen in de "Leidraad Voorbereiding Treinincident Bestrijding". Dit document dient als leidraad voor het regionaal, op initiatief van de hulpverleningsregio's, op te stellen Regionale TIM-plan.

Alarmering gebeurt bij incidenten volgens de Spoorwegwet 2005 altijd naar de treindienstleider (ProRail). Deze neemt direct maatregelen om uitbreiding van het incident te voorkomen en zorgt voor dooralarmering. Afhankelijk van het gekozen TreinIncidentScenario (TIS), vindt automatisch een vooraf bepaalde alarmering plaats (intern via "GAOS" Geautomatiseerd Alarmerings en -OproepSysteem). Aan ieder TIS is een vooraf bepaalde respons verbonden.

Ook de overheidshulp-diensten (OHD) die door ProRail Verkeersleiding worden gealarmeerd, hebben afhankelijk van het TIS een bepaalde inzetstrategie die wordt afgesproken in het Regionale TIM-plan. Indien in geval van een alarmering een betrokken trein gevaarlijke stoffen vervoerd, wordt direct gemeld om welke stoffen het gaat en wat de samenstelling van de trein is.

7.2 Repressie faciliterend (R37 en R39)

Hulpverlening en repressie (door bevoegd gezag lokaal te regelen) (R37)

Vanuit brandweeroogpunt zijn navolgende locatiespecifieke aspecten van de hulpverlening door de OHD van belang:

- Bereikbaarheid (aanrijroutes, aanrijtijd).
- Ontsluiting van de locatie.
- Ontsluiting van het spoor.
- Opstel mogelijkheden.
- Bluswatervoorziening en schuim.

Toelichting Bereikbaarheid van het spoor

Voor bestrijding en hulpverlening op het spoor dient de brandweer eenvoudig het spoor te kunnen bereiken. Voor een effectieve bestrijding van de brand, en het beperken van de kans op escalatie van een brand op het spoor, dienen er naar het spoor voldoende toetredingsmogelijkheden te zijn voor de brandweer. Zie bijvoorbeeld de richtlijnen van de regionale brandweer van de Hulpverleningsregio Zuidoost-Brabant [10]. [29].

Voor verdere eisen ten aanzien van (geluid)schermen en de daarin opgenomen toegang-/vluchtdeuren wordt verwezen naar de richtlijnen [29].

Toelichting Opstelplaatsen (R39)

Voor incidenten op het spoor met zowel reizigerstreinen als met goederentreinen (met of zonder gevaarlijke stoffen) geldt dat de bereikbaarheid van het spoor voor de hulpdiensten van groot belang is. Hiervoor dient er in het ontwerp van de open ruimte rekening te worden gehouden met opstelplaatsen voor de hulpdiensten.

Toelichting Bluswatervoorzieningen (R39)

Voor het bestrijden van brand, en in het bijzonder branden op het spoor, dient er voor de brandweer voldoende capaciteit (blus)water en schuim (bijvoorbeeld One Seven) te zijn. Eventueel dient te worden voorzien in aanvullende capaciteit om escalatie te vermijden.

In de landelijk erkende uitgave 'Handleiding bluswatervoorziening en bereikbaarheid' [59] van de Nederlandse Vereniging voor Brandweezorg en Rampenbestrijding (NVBR) wordt voor een incident op het spoor uitgegaan van een benodigde bluswatercapaciteit van 360 m³ per uur (6000 liter/min). Dit komt overeen met de gehanteerde capaciteit bij de Betuweroute[21] en is gebaseerd op een inzet van vier straatwaterkanonnen met een opbrengst van 90 m³ per uur (1.500 liter/min) per stuk voor het verdunnen van een gaswolk.

In Eindhoven zijn bijvoorbeeld de beleidsregels bluswatervoorziening en bereikbaarheid [12], [29], [61] van de gemeente Eindhoven van toepassing. Deze beleidsregels zijn gebaseerd op [59].

8 Actiepunten voor verbeteringen van de risicoberekening

Voorgestelde verbeteringen

Verbetering methoden en het aanbrengen van detailleringen in de risicoberekening (rekenprotocol spoor) en het aanbevolen rekenprogramma RBM2.

1. Actualisatie faalfrequenties en vervolgcansen (uitstroming, ontsteking) naar typen ongevallen. Een en ander op basis van internationale casuïstiek [49], [50], RID 1.8.5-rapporten en nationale casuïstiek uit MISOS, het spoorwegongevallenbestand dat wordt beheerd door IVW, de Inspectie Verkeer en Waterstaat. Door het RIVM is in het kader van het DORA-overleg een projectplan opgesteld, waarin ook de noodzaak voor actualisatie is toegelicht maar vooralsnog niet naar vervolgcansen wordt gekeken. Het projectplan van het RIVM betreft vooral doorgaand spoor (inclusief raccordementen/stamlijnen indien deze ook tot het Basisnet gaan behoren). Voor vervolgcansen dient ook actualisatie daarvan te worden opgepakt [49,50]. Voor faalfrequenties voor complexe situaties heeft het RIVM recent een nieuw protocol voorgesteld aan DOEV waar in ieder geval binnen de spoorsector nog vraagtekens bij worden gesteld [53]. Binnen de werkgroep spoor is afgesproken dat deze althans voor Basisnet spoor alleen samen met de effecten van ATBvv zal worden ingevoerd. De toeslag voor botsingen op overwegen dient te worden geactualiseerd⁴. Een uitdraai van de ongevallencasuïstiek 1996-2005 is beschikbaar, zie [53]. Er dient een onderscheid gemaakt te worden naar typen ongevallen (botsingen, ontsporingen) en naar type vervoermiddel (ketelwagen, tankcontainer) en naar stoffen en/of dunwandige vs. dikwandige ketelwagens, tankcontainers. Er dienen faalscenario's voor tankcontainers te worden gedefinieerd.
2. Aanvulling huidige rekenprotocol met factoren voor nieuwe maatregelen. Vooralsnog zullen van niet alle relevante maatregelen de effecten kwantitatief bekend zijn, maar waar deze maatregelen in het rekenprotocol gaan aangrijpen kan al wel worden uitgewerkt [55].
3. Kwantificeren van de risicoreducerende effecten van, ten dele al getroffen, maatregelen en nog te treffen maatregelen. De analyse moet zich richten op de beantwoording van de vraag "welke ongevallen zouden vermeden kunnen worden door het treffen van specifieke maatregelen". De opgestelde vlinderdas kan hierbij structurerend werken. Een prioriteitenlijst, dat wil zeggen de bij voorrang te beoordelen maatregelen, is gegeven in de overzichtstabel in hoofdstuk 2. Het betreft in eerste instantie de maatregelen die zijn gemarkeerd met een '1' in de kolom toepassing. Bijzondere aandacht zal er daarom moeten zijn voor reductie van de interactiekans door verbetering treinbeveiliging (ATBvv, ETCS), validering diverse reductiefactoren voor de vervolgcans en effecten zoals verlagen van de treinsnelheid, en GR-reducerende maatregelen etc. Een en ander op basis van een analyse van de beschikbare recente ongevalcasuïstiek en al uitgevoerde studies.

⁴ De overwegentoeslag is circa een factor 10 lager dan tot dusver in het protocol spoor aangegeven. Zie de uitgangspuntennotitie risicoberekening Basisnet

Het effect van ECTS is in het kader van de Betuweroute al onderzocht door IVW⁵. ATBvv is thans in onderzoek bij RIVM.

4. Specifiekere berekeningen en voorbeeldstoffen binnen stofcategorieën, bijvoorbeeld in de stofcategorieën A en D4. Onderscheid binnen categorie A is volgens protocol spoor nodig op basis van het verschil in dampdruk bij falen (warme BLEVE), hetgeen bepalend is voor de effecten. De stoffen van stofcategorie A worden op basis van dampdruk vervoerd in dunwandige en dikwandige ketelwagens, hetgeen ook bepalend is voor de vervolgcans op uitstroming. In het huidige protocol wordt uitgegaan van 75% dikwandige ketels. De stofcategorie D4 omvat ook een belangrijk aandeel stoffen niet inhalatie-toxisch zijn, of alleen als ze in contact komen met water zoals bijvoorbeeld natriumcyanide. Deze nadere detaillering moet ook worden aangebracht in de vervoersprognoses en bij het gerealiseerde vervoer (realisatiecijfers). Dit is naar verwachting op korte termijn niet realiseerbaar.
5. In rekenprotocol en RBM2 onderscheid maken in ketelwagens en (tank)containers (hoeveelheden, scenario's en faalfrequenties en vervolgcansen). Deze nadere detaillering moet ook worden aangebracht in de marktverwachting van ProRail en bij het gerealiseerde vervoer (realisatiecijfers).
6. Verdere discretisatie en verbijzondering voor specifieke situaties. Naar ongevallocaties, naar tijd, naar aanwezigheid/fractie verblijf binnen/buiten. Naast dag, nacht, ook avond onderscheiden. En werkweek/weekend. Op korte termijn niet realiseerbaar, omdat ook de onderliggende gegevens aangepast moeten worden.

⁵ Op grond hiervan kunnen op de Betuweroute in de risicoberekeningen veel lagere ongevalfrequenties aangehouden worden (zie bijlage 4)

Bijlage 1. Veiligheidsgeïntegreerde ontwerpcriteria

De maatregelen genoemd in de hoofdstukken 5 en 6 kunnen in samenhang gezien worden als aangegeven in onderstaand schema met veiligheidsgeïntegreerde ontwerpcriteria [41], [42].

MICRO	MESO	MACRO
1.Mechanische impact		
2.Warmtestraling en toxische vloeistoffen		
3. Warmtestraling en piekoverdruk van BLEVE/explosies		
4.Toxische belasting bij chloor en ammoniak		
Maatregelen op gebouw niveau	Maatregelen op wijk niveau	Maatregelen op regio/stad niveau
Gebouw	Wijk	Stad
		<i>Proactie</i>
<i>Preventie</i>		
<i>Preparatie & Repressie</i>		
<i>Technische ontwerpparameters</i>	<i>Technische ontwerpparameters</i>	<i>Structuur ontwerpparameters</i>
<ul style="list-style-type: none"> -Type gebouw -Robuustheid bouwwerk -Brandwerendheid van het gebouw -Type constructie van het gebouw -2^e draagweg constructie -Vorm van het gebouw -Materiaalgebruik van het gebouw -Afbouwconstructie van het gebouw -Ventilatiesysteem van het gebouw -Luchtdichtheid van het gebouw -Installatietechnisch ontwerp van het gebouw - Bouwfysische indeling van het gebouw -Gevelontwerp van het gebouw -Verblijfruimtes binnen een gebouw -Gevaarlijke stoffen binnen een gebouw -Indeling ruimte tussen bebouwing- en infrastructuur -Vluchtplan van het gebouw -Ontruimingsplan van het gebouw -Inrichtingsplan (zelfredzaamheid) <p>Parameters van belang voor preventie</p> <ul style="list-style-type: none"> -Aanwezige verlichting binnen gebouw -Brandoverslag beperking (b.v. sprinklers) -Aantal vluchtmogelijkheden -Vluchtroute aanduiding -Aantal noodruimtes -Aantal rookvrije vluchtroutes 	<ul style="list-style-type: none"> -Situering van gebouwen -Inrichting van de openbare ruimte -Beschermingsniveau van mensen -Bezettingsgraad -Bebouwingsdichtheid -FSI (Floor Space Index) -GSI (Ground Space Index) -OSR (Open Space Ratio) -Bruto vloeroppervlakte van gebouwen -Netto vloeroppervlakte van gebouwen -Tijdsduur personen in het invloedsgebied -Verdeling personen binnen en buiten -Verdeling personen dag en nacht -Hoogte van de bebouwing -Afstand bebouwing en infrastructuur -Mate van zelfredzaamheid van mensen <p>Parameters van belang voor preventie</p> <ul style="list-style-type: none"> -Situering van gebouwen -Toegankelijkheid van hulpdiensten -Brandoverslag naastliggende gebouwen -Richting van vluchtroutes -Hoogteligging gebouwen -Bestrijdingsmogelijkheden van brand <p>Parameters van belang voor repressie</p> <ul style="list-style-type: none"> -Toegankelijkheid van hulpdiensten -Aantal aanrijdroutes -Aantal opstel mogelijkheden -Bereikbaarheid van bouwwerken -Bereikbaarheidskaarten -Aanvalsplannen -Rampenbestrijdingsplan -Aantal bluswatervoorzieningen -Aanwezigheid open water -Geboorde putten <p>Organisatie/onderhoud materieel Hulpverlenende diensten</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Scheiden van functies -Clusteren van functies -Combineren van functies

Bijlage 2. Specifieke maatregelen bij geluidschermen

De aanwezigheid van geluidschermen (aarden wallen) langs het spoor kan het optreden van de hulpverleningsdiensten bij de bestrijding van treinincidenten hinderen en kan effect hebben op de externe veiligheid, bijvoorbeeld doordat als gevolg van het geluidsscherm de gevaarlijke vloeistoffen die bij een ongeval vrijkomen zich anders verspreiden. Bij aanwezigheid van een fysieke barrière kan in plaats van cirkelvormig plas bijvoorbeeld een grotere, langwerpige plas ontstaan, waardoor de kans op escalatie naar andere wagens toeneemt. In [28] zijn diverse maatregelen geïdentificeerd en beoordeeld. Een deel van deze maatregelen is in het voorgaande al ter sprake gekomen.

Tabel 10 Maatregelen ter verhoging van de externe veiligheid bij geluidschermen

		Maatregel
Pro-actie		Ruimtelijke ordening: Geen nieuwe (beperkt) kwetsbare bebouwing binnen 200 m afstand van het spoor en annulering van goedgekeurde bebouwingsplannen.
	Preventie	Infrastructuur: Ontsporinggeleiding bij geluidsscherm Systeem voor afvoer van vloeistoffen/vloeistofgoot-scherm/optimale keuze gaten onder scherm voor afvoer Meer "hot-box" detectiesystemen op Betuweroute Vervoer, materiaal: Tankwagens met crashbuffer Hittewerende coating op LPG-ketelwagens Vervoer/logistiek: Bloktreinen Samenstelling trein: 'bufferwagens' tussen wagens met gevaarlijke stoffen plaatsen.
Repressie	Aanloop incident	Vervoer logistiek instructies machinist: Geluidsschermprotocol voor de machinist, indien lekkage stoppen op veilige plaats ("groene zone")
	Alarmering	Infrastructuur/ voorzieningen: Hittedetectie op aandachtslocaties Wagon-incidentdetectie, alarmering machinist CCTV, camerasysteem op kritische locaties RFID-systeem ("tags") aanbrengen op ketelwagens Vervoer/logistiek, procedure: Ladinglijst/meldingsprocedure E-call alarmering hulpdiensten
	Verkenning	Nieuwe geluidschermen hulpverlening vriendelijk (bouwkundig/infrastructuur): Doorzichtige strook in geluidschermen met hoogte > 2 m (horizontale strook op ooghoogte, of verticale stroken aan weerszijden van deuropeningen). Geluidsscherm met kijkgat Middelen: 'Periscoop'-camerasysteem Redvoertuig Helikopter met camera (KLPD, Defensie)
	incidentbestrijding	Procedure/techniek: Protocollen voor de inzet van de brandweer Incidentwagon afkoppelen Observatie-/bestrijdingspad op hoogte, langs buitenzijde geluidsscherm Voorzieningen/middelen: Sprinklerinstallatie in geluidschermen Schuimvormend armatuur met voldoende worplengte en opbrengst Optimale afstand en elevatie waterkanon Systeem om waterkanonnen aan een geluidsscherm te kunnen haken of op hoogte te brengen Procedure: Incidentbestrijdingsplan en ontruimingsplan voor locaties met kwetsbare bebouwing op relatief kleine afstand (< 200 m).

Bijlage 3. Ongevalfrequenties Betuweroute: effect ECTS

Treinincidenten met gevolgen voor de externe veiligheid, i.e. treinongevallen waarbij gevaarlijke stoffen kunnen vrijkomen, kunnen optreden als gevolg van aanrijdingen, botsingen, ontsporingen en intrinsiek falen van een spoorketelwagen (zie bijlage 2, paragraaf 2). Ongevalfrequenties voor het vrijkomen van gevaarlijke stoffen bij incidenten met spoorketelwagens zijn samengesteld uit een basisongevalskans, een vervolggkans dat de gevaarlijke stof vrijkomt gegeven een treinincident, de kans op ontsteking en de kans dat een bepaald effect optreedt (bijvoorbeeld fakkel, BLEVE of “flash fire”).

De basisongevalskans voor ontsporingen, botsingen en aanrijding op het Nederlandse spoor met ATB-bewaking²¹ bedraagt bij snelheden van meer dan 40 km/uur: $2,77 \cdot 10^{-8}$ per wagonkilometer (zonder wissels in het beschouwde kilometervak) en $6,07 \cdot 10^{-8}$ per wagonkilometer (met wissels in het beschouwde kilometervak). De Betuweroute is uitgerust met een beter spoorbeveiligingssysteem, het zogenaamde European Rail Traffic Management System (ERTMS) in combinatie met het European Train Control System (ETCS). Hiervan bestaan twee “levels”. Railned Spoorwegveiligheid heeft hiervoor ongevalsfrequenties afgeleid en heeft geconcludeerd dat level 1 en level 2 dezelfde basisongevalskans hebben [4]. Voor de kans op een ontsporing en botsing mag voor de Betuweroute worden uitgegaan van de kansen die gelden voor ERTMS/ETCS level 1 of 2 [4]. Daarnaast kan ook nog intrinsiek falen van de spoorketelwagen optreden.

In onderstaande tabel zijn de frequenties (“faalfrequenties”) voor de verschillende mogelijke ongevallen met spoorketelwagens op de Betuweroute gegeven. Uit deze gegevens kan worden afgeleid dat ontsporingen dominant zijn onder de treinongevallen die tot het vrijkomen van gevaarlijke stoffen kunnen leiden, met een faalfrequentie van $8,80 \cdot 10^{-9}$ per wagonkm. Dit is de basisongevalsfrequentie. Dit is een bijna 10 keer lagere faalfrequentie dan op de rest van het Nederlandse spoorwagennet ($6,07 \cdot 10^{-8}$ per wagonkm, situatie met wissels).

Type	Frequentie (1/wagonkm/jaar)
Ontsporing	$8,80 \cdot 10^{-9}$
Frontale botsing	$1,74 \cdot 10^{-11}$
Botsing achterop	$1,16 \cdot 10^{-11}$
Totaal botsing	$2,91 \cdot 10^{-11}$
Intrinsiek falen Druk ketelwagen	$1,14 \cdot 10^{-12}$
Intrinsiek falen Atmosferische ketelwagen	$1,14 \cdot 10^{-11}$
Totale basisongevalsfrequentie Betuweroute	$8,87 \cdot 10^{-9}$

Tabel . Ongevalsfrequenties Betuweroute ERTMS/ETCS level 1 of 2

Referenties

1. Frank van Heijst 2008 Verkleinen kans op warme BLEVE op doorgaande spoorbaan. Notitie, 20 maart 2008, 3^{de} versie.
2. Aniek Ahlers 2007 Overzicht lopende EV maatregelen. Notitie 11 maart 2007.
3. K. R. Tiemersma 2007 Verslag RID-Fachausschuss 19-23 november 2007.
4. Molag, M. 2007 Measures to avoid a hot BLEVE of a LPG tank. IchemE Symposium series no. 153.
5. TNO 2005 BLEVE prevention of a LPG tank vehicle or a LPG tank wagon. TNO-report. B&O-A R2005/364.
6. ECE/TRANS/WP.15 2008 Report of the informal working group on the reduction of the risk of a BLEVE. Bern, 25-28 Maart 2008.
7. SBR 2005 Brandveiligheid in hoge gebouwen. Praktijkrichtlijn SBR.
8. ARCADIS 2006 Veiligheidsmaatregelen Strijp S.
11. ARCADIS 2005 Externe veiligheid langs transportassen. Studie naar bouwkundige voorzieningen.
12. Brandweer Eindhoven 2005 Beleidsregels. Bluswatervoorziening en bereikbaarheid gemeente Eindhoven.
13. TNO 2004 Toetsingkader externe veiligheid spoorzone Dordrecht/Zwijndrecht. R2004/105
14. TNO 2006 Interne en externe Veiligheidstoets Voorlopig Ontwerp Rotterdam Centraal Station.
15. DHV 2005 Quick scan LPG-vervoer over water. Opdrachtgever Dossier X3599.01.001. Provincie Noord-Brabant.

16.	TNO	2004	Advies structurele veiligheidsmaatregelen railtransport gevaarlijke stoffen bij Piazza Centre. R2004/074.
17.	Suddle, S.I.	2007	Het Basisnet als instrument voor veiligheidsgeïntegreerde ontwerpen? Externe veiligheid, 2007.
18.	TNO	2006	Externe veiligheidstoets Strijp S in Eindhoven. 2006-A-R0134/B.
19	AVV & RIVM	2005	Maatregelen ter verbetering van de externe veiligheid bij het vervoer van gevaarlijke stoffen. ANKER-COEV studie.
20.	NIBRA	2005	Maatregelen zelfredzaamheid.
21.	NIBRA	2003	Toetsing repressieve prestatie-eisen Betuweroute.
22.	DSP-groep	2007	Menselijk gedrag bij vluchten uit gebouwen.
24.	DSP-groep	2006	Risico's voor mensen met beperkingen bij calamiteiten.
25.	Royal Haskoning	2006	Evaluatie EV-studies Noord-Brabant. Spoorvervoer. Eindrapport VGS01.
26.	AVIV & Haskoning	2005	ANKER-COEV studie.
27.	TNO, e.a.	2004	Ketenstudies..
28.	NIFV NIBRA & TNO	2007	Invloed van geluidschermen op de externe veiligheid en het optreden van de hulpverleningsdiensten bij treinincidenten op de Betuweroute. Versie 411N7001/5.3, 24 september 2007.
29.	Regionale Brandweer ZO-Brabant	2004	Richtlijn voor de uitvoering van geluidschermen en toegangsdeuren spoorlijnen. Juli, 2004.

31.	Urmondgroep	2007	Basisnet Spoor. Spoor-2 maatregelen. Verhoging van de intrinsieke veiligheid langs spoorassen. December 2007.
32.	ARCADIS	2005	Haalbaarheidsstudie Logistieke veiligheidsmaatregelen op het spoor voor het vervoer van brandbaar gas en ammoniak. Oktober 2005.
33.	ARCADIS	2007	Modal shift LPG Vlissingen-Duitsland. 26 november 2007.
34.	Visser, W	2005	Spoorketelwagens worden nog veiliger. Gevaarlijke Lading, april 2005, pg.17-19.
35.	TNO	2004	Externe Veiligheidstoets van Ontwikkelingsplan de Lichttoren in Eindhoven. R2004/378, augustus 2004.
36.	TNO	2005	Externe Veiligheid spoorzone Heerlen. R2005/205. Juli, 2005.
38.	VenW	2007	Verslag van de Bestuurlijke Taskforce Brabantroute: bespreking 14 november 2007.
41.	SSCM	2007	Veiligheidsgeïntegreerd ontwikkelen, ordenen en ontwerpen
42.	Suddle, S	2007-2008	Diverse publicaties van Shahif Suddle.
45.	VROM	2007	Handreiking verantwoordingsplicht groepsrisico. Versie 1.0. November 2007.
46.	ProRail, Oranjewoud	2005	Handreiking procesmaatregelen externe veiligheid spoorwegvervoer.
47.	Beek, A. van	2007	Brabant Veiliger 2006-2010 Externe veiligheid Spoorzone Eindhoven: Chemelot, ProRail, Railion, IVW, SRE, GHOR, Brandweer, gemeente Eindhoven.
48.	CTTG	2008	Brief van CTTG aan minister Eurlings op 9 april 2008 (Zie gevaarlijke lading-nieuws 14 april).

49.	SAVE		2008	Vervolgkans vervoer gevaarlijke stoffen per spoor. 080158-R36 van 12 februari 2008.
50.	Railion		2008	Casuïstiek en rekenprotocol spoor. Brief van DB Schenker (Railion Nederland NV) aan DORA van 10 april 2008.
51	VROM		2008	Principeakkoord met DSM over beëindiging van het ammoniaktransport per spoor van Geleen naar IJmuiden. Brief EV\2008022190 aan Tweede Kamer.
52	RIVM		2007	Actualisatie faalkansen vervoer gevaarlijke stoffen per spoor. RIVM, 27-4-2007.
53	Wolting, A.G (RIVM), Tiemessen, G.W.M. (AVIV)		2008	Protocol voor complexe situaties spoor met vervoer van gevaarlijke stoffen, mei 2008.
54	SAVE		2006	Rekenprotocol Vervoer Gevaarlijke Stoffen per Spoor. Concept, April 2006
55	Werkgroep Spoor		2007	Brief aan RIVM betreffende spoor 2 maatregelen
56	ProRail/V&W		1998- 2008 1998 2001 2002	Diverse stukken, onderzoeken i.h.k.v. Uitvoering PAGE, onder andere - Aanbiedingsbrief en Plan van Aanpak Goederen Emplacementen (PAGE - - voortgangsrapportage uitvoering PAGE - voortgangsrapportage uitvoering PAGE
57	SAVE		1989	Notitie Plasgrootte bij uitstroming op spoorwegemplacementen
58	NIBRA		2005	Praktijkproeven Betuweroute: Instantane uitstroming en koeling 24 juni 2005
59	NVBR		200x	Handleiding bluswatervoorziening en bereikbaarheid
60	UIC		2005	Fiche 573 Technische bedingungen fur den bau von Kesselwagen
61	Provincie Brabant	Noord	2007	Brabant Veiliger 2006; Externe veiligheid Spoorzone Eindhoven

62	TNO	2004	Veiligheidsstudie Spoorzone Dordrecht/Zwijndrecht, R2004/104
----	-----	------	---