



SUDDLE SAFETY CONSULTANCY & MANAGEMENT

SSCM BV

Vlaardingerdijk 235
3117 EN Schiedam

www.SSCM.nl
S.I.Saddle@SSCM.nl

Externe Veiligheid Campina Terrein, Woerden

INVULLING VERANTWOORDINGSPLICHT VAN HET GROEPSRISICO

Opdrachtgever:

Hollands Midden BV
Dhr. P. Kranenborg
Westdam 3h
3441 GA Woerden

Project : P12067
Datum : 26 mei 2013
Auteur : Dr.ir. S.I. Saddle
Status : CONCEPT EINDVERSIE

VERSIE 2.1 (EINDVERSIE)

© **SSCM BV**



BLANCO

Inhoudsopgave

1.	INLEIDING	1
1.1	AANLEIDING	1
1.2	OPGAVE.....	1
1.3	DOELSTELLING EN RANDVOORWAARDEN	1
1.4	PROJECTGROEP EXTERNE VEILIGHEID CAMPINA TERREIN.....	2
1.5	OPZET VAN DE VERKENNING EN LEESWIJZER	2
2.	BELEIDSKADERS EN GLOBALE ANALYSE EXTERNE VEILIGHEID CAMPINA TERREIN	3
3.	GLOBALE EFFECTEN VAN GEVAARLIJKE STOFFEN OP DE OMGEVING.....	5
4.	OVERZICHT VAN MAATREGELEN ALS VOORBEREIDING OP DE VERANTWOORDING VAN HET GROEPSRISICO	7
4.1	ONTWERPUITGANGSPUNTEN	7
4.2	STEDENBOUWKUNDIGE VOORWAARDEN	7
4.3	ANALYSE VAN ALLE MOGELIJKE VEILIGHEIDSMATREGELEN (EERSTE EN TWEEDE SELECTIE)	8
4.4	ADVIES VEILIGHEIDSRÉGIO UTRECHT.....	12
5.	DE KOSTENEFFECTIVITEIT VAN MAATREGELEN	14
5.1	INLEIDING KOSTENEFFECTIVITEIT	14
5.2	BESCHRIJVING SITUATIE	15
5.3	BEPALING KOSTENEFFECTIVITEIT VAN PLAN CAMPINA TERREIN WOERDEN	16
5.3.1	<i>Stap 1: ontleding van de FN-curve</i>	<i>16</i>
5.3.2	<i>Stap 2: bepaling verwachtingswaarde van doden zonder maatregelen $E(N_d)_0$.....</i>	<i>17</i>
5.3.3	<i>Stap 3: bepaling risicoreducerend effect van een maatregel</i>	<i>18</i>
5.3.4	<i>Stap 4: bepaling kosten maatregelen</i>	<i>18</i>
5.3.5	<i>Stap 5: resultaten kosteneffectiviteit maatregelen</i>	<i>18</i>
5.4	MOGELIJKE CLASSIFICATIE VAN KOSTENEFFECTIVITEIT BIJ PLAN CAMPINA TERREIN WOERDEN	21
5.5	KEUZE UIT MAATREGELEN	23
5.6	DERDE SELECTIE VAN MAATREGELEN	24
BIJLAGE 1:	PROCESSTAPPEN VOOR DE VERANTWOORDING VAN HET GROEPSRISICO	25
BIJLAGE 2:	FN-CURVES DOOR VERANDERING ALS GEVOLG VAN ONTWIKKELING CAMPINATERREIN	28
BIJLAGE 3:	METHODIEK VERANTWOORDING VAN HET GROEPSRISICO CONFORM DE OMGEVINGSVISIE	29
BIJLAGE 4:	EFFECTEN VAN ONGEVALLLEN MET GEVAARLIJKE STOFFEN.....	31
BIJLAGE 5:	METHODIEK VOOR DE BEPALING VAN DE KOSTENEFFECTIVITEIT VAN MAATREGELEN.....	34
BIJLAGE 6:	DE BEPALING VAN HET RISICOREDUCEREND EFFECT VAN MAATREGELEN	43
BIJLAGE 7:	FACTOREN RISICOREDUCTIE VAN MAATREGELEN	44
BIJLAGE 8:	BEPALING KOSTEN VAN MAATREGELEN.....	64
BIJLAGE 9:	NADER ONDERZOEK OMTRENT MAATREGELEN	65
BIJLAGE 10:	NOTITIE MAATREGELEN D.D. 4 JUNI 2012 VAN HOLLANDSMIDDEN.....	70

1. Inleiding

1.1 Aanleiding

Projectontwikkelaar Hollands Midden heeft plannen om op relatief korte afstand van het spoor diverse functies, zoals zorginstellingen, koop- en huurappartementen te realiseren. Deze functies liggen binnen het invloedgebied (lees: ruimtelijke risico-invloedssfeer) van het spoor waarover gevaarlijke stoffen worden vervoerd. Het ruimtelijk besluit van de spoorzoneontwikkeling vereist daarom - in overstemming met het beleid externe veiligheid zoals vastgelegd in de circulaire Risiconormering Vervoer van Gevaarlijke Stoffen (Rnvg) - een onderbouwing van de aanvaardbaarheid of onaanvaardbaarheid van de verandering van het groepsrisico. Dit heeft officieel “de verantwoording van het groepsrisico”.

1.2 Opgave

Uit het DGMR-deelrapport “Actualisatie risicoanalyse spoor Woerden 2011” d.d. 1 februari 2012 blijkt dat het groepsrisico als gevolg van het plan toeneemt en de oriëntatiewaarde van het groepsrisico overschrijdt. In dat geval geldt de verantwoordingsplicht groepsrisico. Onderdeel van de verantwoording van het groepsrisico is de beoordeling of extra veiligheidsmaatregelen nodig of zinvol zijn. Of ze nodig zijn, is een politieke beslissing en hangt af van de (beleids)keuzen van de gemeente. Of een maatregel zinvol is, kan beoordeeld worden door de kosten en effectiviteit van een maatregel te beschouwen in het licht van de risicoreductie die met die maatregel wordt bereikt. Deze systematiek vormt een basis voor een transparante afweging. Voordat de kosteneffectiviteit van maatregelen bepaald kan worden, is inzicht in en overzicht van mogelijke maatregelen nodig.

1.3 Doelstelling en randvoorwaarden

Dit rapport geeft inzicht in de kosteneffectiviteit van mogelijke risicoreducerende maatregelen, die algemeen het (groeps-)risico verlagen. Inzicht in maatregelen is de input van ontwerpatelier II en III. Dit bevordert de dialoog tussen de gemeente en de projectontwikkelaar. De verantwoording van het groepsrisico wordt hiermee procesmatig aangepakt, zie ook bijlage 1. Centraal in dit onderzoek staat het integreren van redelijkerwijs te treffen maatregelen in het (steden-)bouwkundig plan. Het doel van dit onderzoek is:

Wat zijn de mogelijk te nemen extra veiligheidsverhogende maatregelen om woon- en zorgfuncties op Campina Terrein mogelijk te maken en op welke manier kunnen deze worden geïntegreerd in het plan Campina Terrein uitmondend in advies naar B&W bestuur?

Om deze doelstelling te behalen staat het antwoord op o.m. de volgende vragen centraal:

1. welke scenario's met gevaarlijke stoffen zijn mogelijk?
2. welke maatregelen zijn mogelijk tegen deze scenario's?
3. welke maatregelen zijn stedenbouwkundig inpasbaar?
4. welke maatregelen zijn (niet-)kosteneffectief?
5. welke maatregelen worden in bestemmingsplannen en/of bouwenvelopen meegegeven aan de ontwikkelende partijen?

De antwoorden op deze vragen resulteren in een veiligheidsgeïntegreerd stedenbouwkundig plan. Dit zijn eveneens bouwstenen voor de verantwoording van het groepsrisico.

1.4 Projectgroep externe veiligheid Campina Terrein

Het onderzoek is uitgevoerd door Hollands Midden BV uitgevoerd namens de gemeente, die de samenstelling van het projectgroep heeft gezorgd. Het project is begeleid door de projectgroep externe veiligheid Campina Terrein, bestaande uit:

- ❖ René Roke, Veiligheidsregio Utrecht (risico & veiligheid);
- ❖ Christiaan Roodhart, Milieudienst Noordwest Utrecht (externe veiligheid);
- ❖ Rachel Broekmeulen Gemeente Woerden (projectleider);
- ❖ Edith ten Westenend Gemeente Woerden (bestemmingsplanjurist);
- ❖ Maarten Kamphuis Gemeente Woerden (stedenbouwkundig);
- ❖ Cees Vermeent Gemeente Woerden (milieu / milieuplanoloog);
- ❖ Carolien van de Bie Gemeente Woerden (vergunningverlener);
- ❖ Peter Kranenburg Hollands Midden BV (projectontwikkelaar);
- ❖ Shahid Suddle SSCM BV (consultant externe veiligheid)

Gedurende het gehele project is het (tussen-)resultaat tijdens ontwerpateliers besproken met de projectgroep.

1.5 Opzet van de verkenning en leeswijzer

In dit hoofdstuk zijn doel- en vraagstelling uiteengezet. De beleidskaders voor de externe veiligheid zijn toegelicht in hoofdstuk 2. Hoofdstuk 3 omvat een beschrijving van de ongevalsscenario's inzake de externe veiligheid. Hoofdstuk 4 omschrijft de ontwerpuitgangspunten, de stedenbouwkundige visie en de hierop gebaseerde risicoreducerende maatregelen. Hoofdstuk 5 bevat de analyse van de kosteneffectiviteit en de keuze van maatregelen.

2. Beleidskaders en globale analyse externe veiligheid Campina Terrein

De beoordeling van het groepsrisico vindt niet plaats door toetsing aan een vaste norm maar door middel van het afleggen van een verantwoording. Het college heeft hier, op grond van de huidige wetgeving, een eigen beoordelingsvrijheid in maar is aan enkele voorwaarden gehouden die worden gegeven door:

1. Het landelijke externe veiligheidsbeleid vastgelegd de circulaire Risiconormering Vervoer van Gevaarlijke Stoffen (Rnvgs) en het concept Besluit transportroutes externe veiligheid;
2. De Omgevingsvisie externe veiligheid Regio Noord-West Utrecht: Veilige leefomgeving en risico's nuchter bekeken, d.d. 5 juni 2009;
3. Het gemeentelijke externe veiligheidsbeleid van Woerden "Verantwoording groepsrisico vervoer gevaarlijke stoffen per spoor in Woerden", d.d. augustus 2007;
4. De Wet op de Veiligheidsregio's.

Ad 1:

De ontwikkeling vindt buiten de 30 meter zone plaats. De zone van 30 meter heeft betrekking op de zgn. plasbrandaandachtsgebied en / of het gebied waarbinnen maximaal de 10^{-6} -contour van de plaatsgebondenrisico valt. Hiermee wordt voldaan aan het eerste landelijke criterium voor externe veiligheid en is hiermee een nadere oordeelvorming over de aanvaardbaarheid van het plaatsgebondenrisico niet relevant.

De plannen voor de ontwikkeling van het Campina-terrein vallen binnen het invloedsgebied (200 meter) van het spoor. Uit het DGMR-deelrapport "Actualisatie risicoanalyse spoor Woerden 2011" d.d. 1 februari 2012 blijkt dat het groepsrisico als gevolg van de realisatie van het stedenbouwkundig plan "Campina-terrein" niet-significant¹⁾ toeneemt. Desalniettemin dient de verantwoording van het groepsrisico plaats te vinden, conform de Rnvgs. In tabel 1 en bijlage 2 zijn de gevolgen van de ontwikkeling van het Campinaterrein op het groepsrisico samengevat. Hierbij is het groepsrisico uitgedrukt in een getalswaarde.

Tabel 1: Samenvatting verandering ten gevolge van de ontwikkeling van het Campinaterrein (Bron: DGMR-deelrapport "Actualisatie risicoanalyse spoor Woerden 2013" d.d. 17 mei 2013). Zie bijlage 2 de FN-curves.

Situatie	Overschrijding van het groepsrisico autonome situatie t.o.v. de oriëntatiewaarde (1)	Overschrijding van het groepsrisico inclusief realisatie Campinaterrein t.o.v. de oriëntatiewaarde (1)
Basisnet	0,384	0,467

Ad 2:

Volgens deze omgevingsvisie worden eisen gesteld aan activiteiten en aan de verantwoording van het groepsrisico, waarbij het groepsrisico nabij en boven de oriëntatiewaarde uitkomt en nieuwe objecten met verminderd zelfredzame personen binnen het invloedsgebied van de transportas worden geprojecteerd. De eisen voor een ruimtelijke ontwikkeling opgesomd conform deze omgevingsvisie:

- ❖ Generieke maatregelen worden getroffen.
- ❖ Risicobeperking wordt expliciet afgewogen en toegepast;

¹⁾ In termen van de externe veiligheid is de toename niet-significant, omdat de "magnitude" van het groepsrisico logaritmisch beoordeeld wordt. Een significante afwijking is dus minimaal een factor 10 t.o.v. de oude situatie ofwel 1 op een log-schaal. In dit geval is dat $5,3/5,1 = 1,039$ en $\log(1,039) = 0,01$ conform de basisnet en $4,9/3,1 = 1,581$ en $\log(1,581) = 0,199$ conform de basisnet met BLEVE-arm rijden. Zie ook concepttekst BTEV (10%).

- ❖ Het bestuur (B&W) wordt op de hoogte is gesteld van en betrokken bij deze ontwikkeling;
- ❖ Het bestuur (B&W) neemt het besluit over de verantwoording dat ambtelijk samen met de projectontwikkelaar wordt voorbereid;
- ❖ Zo veel mogelijk maatregelen worden getroffen om het groepsrisico te reduceren, conform de veiligheidsgeïntegreerde ontwerpmatrix;
- ❖ De bevolking wordt goed geïnformeerd over hoe te handelen bij een calamiteit.
- ❖ Er wordt een verantwoording afgelegd van maximaal aantal slachtoffers (doden en gewonden);
- ❖ De kosteneffectiviteit van de te treffen maatregelen zijn in kaart gebracht.

Een nadere beschrijving betreffende de omgevingsvisie inzake het groepsrisico is in bijlage 3 opgenomen.

Ad 3:

In deze beleidsvisie zijn 3 aspecten relevant:

- a. Afstand tussen de bebouwing en het spoor bedraagt minstens 30 meter.
- b. Ten behoeve van de bereikbaarheid van hulpdiensten wordt matrixverkaveling toegepast in het stedenbouwkundig plan.
- c. Gebouwen zijn bestendig tegen enkele scenario's met gevaarlijke stoffen.

De eerste twee zaken zijn in het stedenbouwkundig plan reeds verwerkt. De analyse van maatregelen aan gebouwen tegen (brand)scenario's wordt in hoofdstuk 4 behandeld.

Ad 4:

De opkomsttijden van de hulpdiensten voor extra kwetsbare zorginstellingen (zware zorgcategorie) worden in acht genomen in het functionele ontwerp en nader uitgewerkt in een vervolgstadium. Ook wordt voor de beheersbaarheid van incidenten een calamiteitenplan opgesteld waarin de aanrijdroutes van de OHD's worden geanalyseerd. Dit gebeurt in samenwerking met de gemeente, de Veiligheidsregio Noord-West Utrecht en de Milieudienst Noord-West Utrecht. De opkomsttijden worden in artikel 3.2.1. van paragraaf 2 van het Besluit Veiligheidsregio's beschreven.

1. Het bestuur van de veiligheidsregio hanteert bij het vaststellen van de opkomsttijden van een basisbrandweereenheid de volgende tijdnormen:
 - a. vijf minuten bij gebouwen met een winkelfunctie met een gesloten constructie, gebouwen met een woonfunctie boven een gebouw met een winkelfunctie of gebouwen met een celfunctie;
 - b. zes minuten bij portiekwoningen, portiekflats of gebouwen met een woonfunctie voor verminderd zelfredzamen;
 - c. acht minuten bij gebouwen met een andere woonfunctie dan bedoeld onder a en b, of met een winkelfunctie, gezondheidszorgfunctie, onderwijsfunctie of logiesfunctie, en
 - d. tien minuten bij gebouwen met een kantoorfunctie, industrie functie, sportfunctie, bijeenkomstfunctie of een overige gebruiksfunctie.
2. Indien het bestuur van de veiligheidsregio voor bepaalde locaties opkomsttijden vaststelt die afwijken van de tijdnormen, motiveert het de keuze van de locatie en de mate van de afwijking.
3. Het bestuur van de veiligheidsregio stelt geen opkomsttijd vast die hoger is dan achttien minuten.

Dit betekent dat met de Veiligheidsregio Utrecht nader onderzoek moet worden gedaan of de opkomsttijd voor de zorg- en woonfunctie behaald wordt.

3. Globale effecten van gevaarlijke stoffen op de omgeving

Maatregelen moeten worden getroffen tegen mogelijk optredende scenario's. Volgens de realisatiecijfers 2020 en gegevens van ProRail worden gevaarlijke stoffen vervoerd over de spoorzone. Het gaat om de volgende hoofdcategorieën van gevaarlijke stoffen, die samen het risico voor de omgeving én binnen de overkapping bepalen:

1. Brandbare gassen;
2. Brandbare vloeistoffen;
3. Toxische vloeistoffen;
4. Toxische gassen.

Ongelukken met deze stoffen resulteren in een viertal (fysische) effecten (zie figuur 2):

1. Mechanische impacts bij botsingen en aanrijdingen;
Dit effect heeft nauwelijks invloed op de aanwezigen in de omgeving gezien de kleine effectafstand (ongeveer 30 meter).
2. Warmtebelasting (en convectie) bij branden;
De hittestraling van een (plas)brand heeft effect op de gebouwen in de 30 meter-zone, omdat de effectafstand van dit scenario ongeveer 30 meter is.
3. Piekoverdruk bij explosies;
Door de effecten van een explosie van een LPG-tankwagon worden gebouwen binnen 40 meter gebouwen vernietigd door de piekoverdrukeffecten²⁾ en brokstukken. De effectafstanden van de hittestraling zijn veel groter: binnen de 150 meter komen de aanwezigen massaal te overlijden³⁾.
4. Toxische belasting.
De aanwezigen kunnen worden blootgesteld aan toxische belasting. Bij het vrijkomen van toxische gassen kan de effectafstand 3 km zijn. Dit kan leiden tot dodelijke slachtoffers. Bij het vrijkomen toxische vloeistoffen is de effectafstand ca. 30 meter. Wij verwachten dat dit marginaal is, omdat de effectafstanden van toxische vloeistoffen kleiner zijn dan die van toxische gassen⁴⁾.

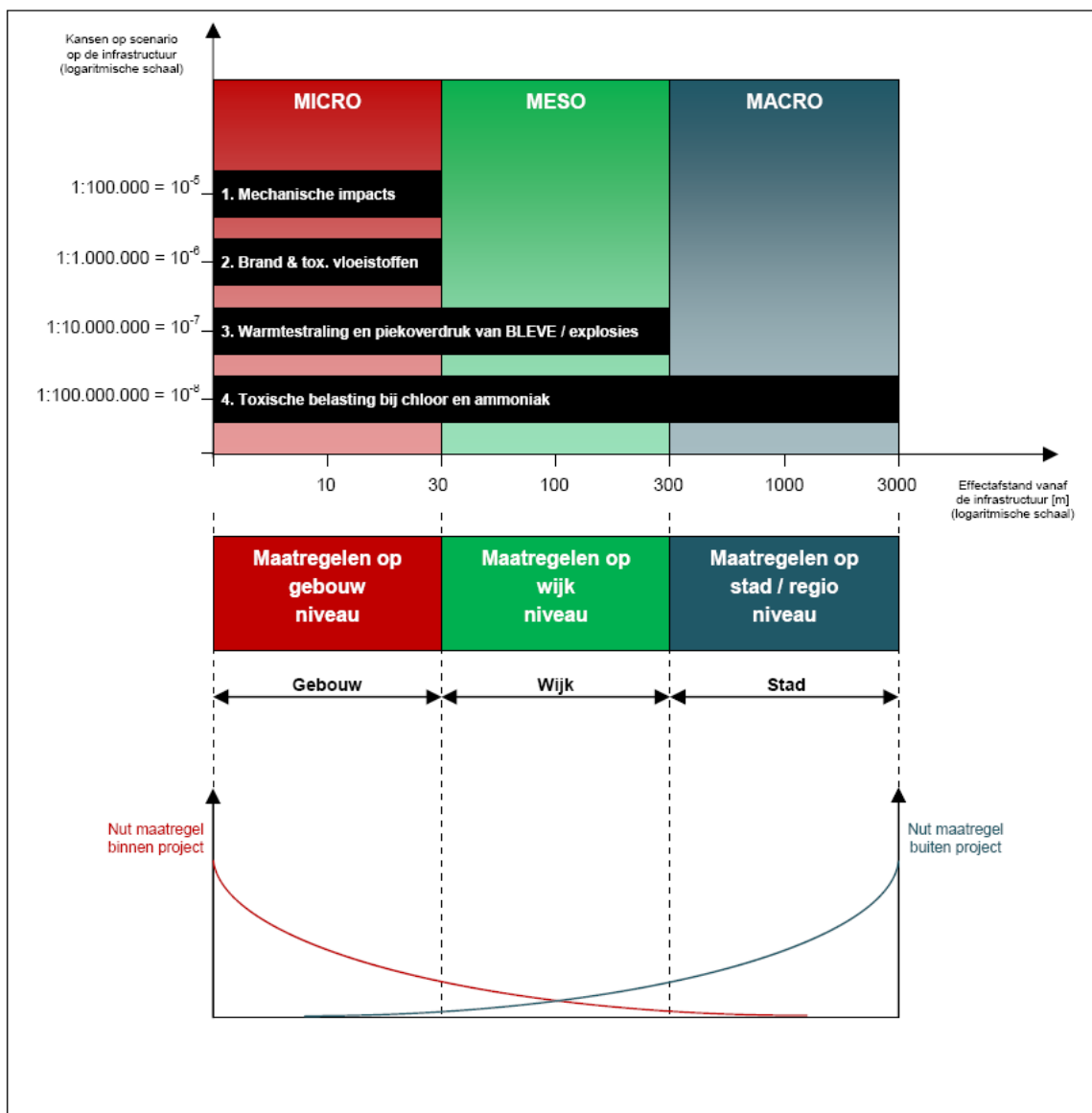
Voor een uitgebreide analyse van de effecten van gevaarlijke stoffen wordt verwezen naar bijlage 4.

Deze scenario's zijn in zijn algemeenheid afnemend in kans van optreden en toenemend in de omvang van het gevolg. Immers, het risico is een functie van kansen en gevolgen. Bij de verantwoording van het groepsrisico moeten de risico's en maatregelen per type ongevalscenario worden beoordeeld.

²⁾ Secundaire en tertiaire effecten van een explosie van een LPG-tankwagon zijn veel groter.

³⁾ Secundaire branden zijn groter dan de genoemde effectafstanden.

⁴⁾ Dit komt o.a. doordat de vloeistoffen eerst moeten verdampen voordat ze een gas worden. De toxiciteit van toxische vloeistoffen is in het kader van deze quickscan niet vergeleken met de toxiciteit van toxische gassen.



Figuur 1: de kansen en effecten van ongevallen met gevaarlijke stoffen per schaalniveau van het gebied. Deze werkwijze is door SSCM ontwikkeld en wordt door het ministerie van VROM gepropageerd als de veiligheidsgeïntegreerde ontwerpmatrix. Een instrument voor de ruimtelijke ordening, dat integratie van externe veiligheid in een stedenbouwkundig plan mogelijk maakt. Hiermee kan een juiste maatregel tegen een bepaald scenario op een daarbij behorend schaalniveau worden getroffen.

4. Overzicht van maatregelen als voorbereiding op de verantwoording van het groepsrisico

4.1 Ontwerputgangspunten

De combinatie van de kaders uit hoofdstuk 2 en de globale effecten van gevaarlijke stoffen in voorgaand hoofdstuk leidt tot een aantal ontwerputgangspunten. Het gaat hierbij om het schaalniveau wijk en gebouw. De volgende algemene ontwerputgangspunten zijn meegenomen in de analyse:

1. richt de infrastructuur in op optimale ontvluchting:
 - a. van de risicobron(nen) af vluchten;
 - b. zo kort mogelijke route naar een veilige verzamelplaats.
2. richt de infrastructuur in op optimale bereikbaarheid van incident en gebouwen voor de hulpverleningsdiensten:
 - a. spoor bereikbaar met opstelplaatsen;
 - b. spoor en gebouwen vanaf minimaal twee zijden benaderbaar;
 - c. zo kort mogelijke routes van ongevallocatie(s) en verzamelplaats naar hulpverleningsdiensten.
3. beperk de bezettingsgraad van objecten en gebieden aan de zijde van de risicobron:
 - a. houdt afstand tot het spoor;
 - b. hoge aanwezigheid in de nachtperiode zo ver mogelijk van spoor (woningen).
4. creëer afscherming langs het spoor (als bebouwing binnen relevante effectafstand)
 - a. door middel van speciale afschermende objecten;
 - b. door voldoende brandwerende bekleding van gebouwen.

4.2 Stedenbouwkundige voorwaarden

Stedenbouwkundige randvoorwaarden en ontwerp vrijheden sturen de integratie van maatregelen in het stedenbouwkundig- en bouwkundig plan. Het door de Raad op 19 december 2012 vastgestelde plan ziet eruit zoals in figuur 2 weergegeven.

De flexibiliteit van het functionele programma is van belang bij het ontwerpen. In ontwerp atelier I is de manier van het zo veel mogelijk wegnemen van de ongunstige én het versterken van de gunstige impact van het plan aan de orde geweest. In overleg zijn deze uitgangspunten besproken en verwerkt in de maatregelen (zie paragraaf 4.3 en tabel 2).

In ontwerp atelier I is afgesproken dat het uitgangspunt bij de kosteneffectiviteitsberekeningen is om voor blok 6 en 8 uit te gaan van geïnstitutionaliseerde zorg met een eigen BHV organisatie. Blok 1 t/m 3 is een combinatie van eengezinswoningen en appartementen met een dichtheid van respectievelijk 2,4 en 1,75 personen per wooneenheid. Blok 5, 7 en 9 zijn appartementen, bestaat uit 1,75 personen per appartement.

Gedurende het traject is het uitgangspunt voor blok 6 en 8 enigszins veranderd. Deze wijkt af van het initiële plan als besproken in ontwerp atelier 1. De inrichting van het gebouw is onveranderd. Het gaat hier alleen om de vertaling van de laatste stand van het plan.



Figuur 2: Concept stedenbouwkundige plan, waarbij blok 6 en 8 bestemd wordt voor geïnstitutionaliseerde zorg met deels een eigen BHV organisatie.

4.3 Analyse van alle mogelijke veiligheidsmaatregelen (eerste en tweede selectie)

Om de verantwoording van het groepsrisico in te vullen, worden de maatregelen als volgt benaderd (zie tabel 2):

- ❖ De ruimtelijke ordeningscomponent van maatregelen waarbij het volgende wordt aangegeven:
 - de typering van de maatregel:
 - het schaalniveau van de maatregel: S = stad / W=wijk / G=gebouw;
 - de aard van de maatregel: grijpt in op zelfredzaamheid (Z) en/of beheersbaarheid (B);
 - de locatie en van de maatregel: B =Risicobron / T = tussengebied / O = ontvangergebied;
 - de indicatie van de (steden-)bouwkundige inpasbaarheid en haalbaarheid van de maatregel;
 - het kwalitatief effect van de maatregel tegen:
 - (1) de warmtestraling;
 - (2) piekoverdruk-effecten; en
 - (3) toxische belasting;
- op basis van bijv. een schaal met vijf mogelijk scores van zeer positief effect tot zeer negatief effect: ++, +, 0, -, --;

- de stedenbouwkundige inpasbaarheid van maatregelen: ja, eventueel, nee;
- de technische haalbaarheid van een maatregel: van zeer haalbaar (++) tot zeer moeilijk realiseerbaar (--);
- een simpele schets en omschrijving van een maatregel.

Tabel 2: Overzicht van maatregelen (kwalitatief beschouwd), de groslijst.

Id	omschrijving maatregel	typering			effectiviteit bescherming tegen:				steden- bouwkundig inpasbaar	haalbaarheid
		niveau	aard	locatie	warmte straling		piek overdruk	toxische belasting		
					GF ⁵⁾	LF ⁶⁾				
1	minimalisatie drukgolf en andere effecten richting bebouwing	W / G	-	T / O					+	+
1A	verdiept aanleggen spoor	W	-	T / O	+	++	+	+	nee	-
1B	overkluizen van het spoor	W	-	T / O	-	++	-	++	nee	-
1C	spoortunnel	W	-	T / O	-	++	-	++	nee	-
1D	afstand van 30 meter houden tussen de bebouwing en het spoor	W / G	-	T / O	o	o	+	o	ja	++
1E	bomenrij	W	-	T	o	+	+	o	+	+
2	afscherming door druk- en hittewerende constructies	W / G	-	T / O						
2A	betonnen muur langs het spoor	W	-	T / O	+	++	O	+	nee	
2B	twee betonnen muren langs het spoor	W	-	T / O	++	++	++	+	nee	
2C	beton muur annex aardenwal (combinatie met geluidswal)	W / G	-	T / O	++	++	++	+	?	++
2D	beton muur vlak voor gebouwen (40 meter hoog)	G	-	O	o	++	o	o	eventueel	
3	plasbeperkende ⁷⁾ maatregelen (goot) van minstens 1x1 m ²	W / G	-	T / O	o	++	o	+	ja	++
4	hittewerend uitvoeren van de gevel van gebouwen (openingen en beplatingen)	G	-	O	o	++	o	o	ja	+
4A	Strook 1 (eerste 90 meter)	G	-	O	o	++	o	o	ja	
4B	Strook 1 + 2 (eerste 90 meter en vanaf 90 meter)	G	-	O	+	0	o	o	ja	
5	watgordijn voor of langs gevel	W / G	-	O	o	++	o	+	ja	
6	brandcompartimentering (horizontale vluchtmogelijkheid op verdieping)	G	-	O	o	++	o	o	ja	+
7	sprinklersysteem aan gebouwen langs het spoor	G	-	O	o	+	o	o	ja	
8	vermoeilijken penetratie van toxische gassen naar het gebouw	G	-	O						++
8A	geen beweegbare (raam)openingen	G	Z / B	O	-	o	-	+	ja	+
8B	minder glas in de gevelornamenten	G	Z / B	O	-	o	-	+	eventueel	
8C1	voegdicht bouwen en controle	G	Z / B	O	-	o	-	+	eventueel	
8C2	kleine overdruk in gebouw	G	Z / B	O	-	o	-	+	eventueel	
8D	blinde gevel (geen ramen en deuren aan spoorkant)	G	Z / B	O	-	o	-	++	eventueel	
9	aanzuiging van lucht aan de Lijzijde / bovenkant van gebouwen	G	-	O	o	o	o	+	ja	+
10	automatische afsluiten van openingen, airco's of ventilatiesystemen	G	-	O	o	o	o	++	ja	+

⁵⁾ Flammable Gas, ofwel Brandbaar gas.

⁶⁾ Flammable Liquid, ofwel Brandbare vloeistof.

⁷⁾ Toestemming van ProRail is voor het treffen van deze maatregel nodig.

Id	omschrijving maatregel	typering			effectiviteit bescherming tegen:				steden- bouwkundig inpasbaar	haalbaarheid
		niveau	aard	locatie	warmte straling		piek overdruk	toxische belasting		
					GF ⁵⁾	LF ⁶⁾				
11	beheersing luchtcirculatie	G	-	O	o	o	o	++	ja	++
12	incasseringsvermogen gebouwen verhogen door ronde vorm	G	-	O	o	++	+	o	nee	
13	rekening houden met drukeffecten in materiaalkeuze	G	-	O						
13A	bunkergebouwen	G	Z / B	O	++	++	++	++	nee	-
13B	blast resistent glazing	G	Z / B	O	+	o	+	o	ja	-
13C	splinterwerend film	G	Z / B	O	+	o	+	o	ja	+
13D	ondergrondse gebouwen (parkeer plaatsen / schuilmogelijkheid)	G	Z / B	O	++	++	++	++	nee	+
14	functionele en constructieve indeling van gebouwen	G	Z / B	O	o	+	o	+		++
14A	functies binnen gebouw met lage bezettingsgraad langs spoor	G	Z / B	O	o	+	o	+	ja	+
14B	2 ^e draagweg voor gebouwen langs het spoor	G	Z	O	o	+	o	O	ja	
14C	safe haven	G	Z	O	+	++	+	+	ja	+
15	indeling gebied voor externe veiligheid optimaliseren	W	Z / B	O					=16, 24, 25, 26	++
15A	plas water / een park / begraafplaats of een parkeergarage langs het spoor (de eerste 30 meter)	W	-	T	+	+	+	+	eventueel	+
15B	gebouwen loodrecht op het spoor	W	-	T	o	+	o	o	eventueel	++
16	vluchtroutes niet- aan spoor- en wegzijde en van spoor en weg af	W / G	Z / B	O	o	+	o	o/+	eventueel	++
17	waarschuwing en alarmering bedreigde bevolking (call broadcast)	G	Z / B	O	+	+	o	+	ja	++
18	gasmaskers / vluchtmaskers zijn voor evacuatie niet voor verblijf	W / G	Z / B	O	o	o	o	+	ja	-
19	ontruimingsinstallatie, organisatorische maatregelen (ontruimingsplan)	G	Z / B	O	o	+	o	+	ja	++
20	afweging aangepast ontruimen of extra beschermen	W / G	Z / B	O	+	+	o	+	ja	++
21	adequaat informeren hulpdiensten	W / G	Z / B	O	+	+	o	+	ja	+
22	deskundigheid hulpdiensten	W / G	Z / B	O	+	+	o	+	ja	+
23	(inzicht in) bereikbaarheid d.m.v. matrixverkaveling	W / G	Z / B	O	+	+	o	+	=16, 24, 25, 26	+
24	voldoende bluswatervoorziening	W / G	Z / B	O	+	+	+	+	ja	++
25	bereikbaarheid incident	W / G	Z / B	O	+	+	+	+	ja	+
26	ontsluiting van de locatie	W / G	Z / B	O	+	+	+	+	ja	+
27	ontsluiting van het spoor d.m.v. dienstweg	W / G	Z / B	O	+	+	+	+	ja	+
28	opstelmogelijkheden brandweer	W / G	Z / B	O	+	+	+	+	ja	+
29	aanwezigheid van voldoende schuim (afdekken plas/ blussen plasbrand)	W / G	Z / B	O	+	+	+	+	ja	+/-
30	sturen van incidenten	W / G	Z / B	O	+	+	+	+	ja	--
31	risicocommunicatie (bij aanvang/ toekomst)	W / G	Z / B	O	o	+	+	+	ja	+/-

De haalbaarheid van maatregelen is tijdens ontwerpatelier I d.d. 28 maart 2012 bepaald. De betrof de eerste selectie van maatregelen. De inschatting van de kosteneffectiviteit van de overgebleven maatregelen is hierna bepaald en gepresenteerd tijdens het ontwerpatelier II d.d. 7 mei 2012. In ontwerpatelier II is een aantal kansrijke maatregelen door de projectgroep geselecteerd, die vervolgens nader zijn uitgewerkt. In ontwerpatelier II zijn de volgende maatregelen afgevallen:

- ❖ Maatregel 2D - Betonmuur vlak voor gebouwen;
- ❖ Maatregel 4B - Hittewerend uitvoeren van gevel van gebouwen strook 1+2;
- ❖ Maatregel 5 - Watergordijn langs gevel in strook;
- ❖ Maatregel 7 - Sprinklersysteem aan gebouwen langs spoor;
- ❖ Maatregel 8B - Minder glas in gevelornamenten aan spoorzijde;
- ❖ Maatregel 8C1 - Voegdichtbouwen + controle;
- ❖ Maatregel 8D - Blinde gevel aan de spoorzijde;
- ❖ Maatregel 11 - Luchtdicht bouwen en interne ventilatie;
- ❖ Maatregel 13C - Splinterwerend film op glas; (deze wordt wel onderzocht)
- ❖ Maatregel 18 - Gasmaskers.

In tabel 2 zijn de afgevallen maatregelen wit gemarkeerd. De geselecteerde maatregelen voor het kosteneffectiviteits-onderzoek zijn grijs gearceerd in tabel 2. Deze geselecteerde maatregelen zijn eveneens van toepassing op het aangepaste programma van blok 6 en 8.

4.4 Advies Veiligheidsregio Utrecht

Volgens de concepttekst van de BTEV, stelt het bestuur van de regionale brandweer of het bestuur van de veiligheidsregio (Utrecht) in de gelegenheid advies uit te brengen over artikel 6 en 7. Deze zijn als volgt:

Artikel 6:

In de toelichting bij een bestemmingsplan of inpassingsplan en in de ruimtelijke onderbouwing van een projectbesluit wordt, voor zover het gebied waarop dat plan of besluit betrekking heeft binnen het invloedsgebied van een transportroute ligt, in elk geval ingegaan op:

- a. de mogelijkheden tot voorbereiding van bestrijding en beperking van de omvang van een ramp of zwaar ongeval op de desbetreffende transportroute, mede in het licht van de aangebrachte of aan te brengen ruimtelijk relevante bouwkundige voorzieningen, en
- b. voor zover dat besluit betrekking heeft op nog niet aanwezige kwetsbare of beperkt kwetsbare objecten, de mogelijkheden voor personen om zich in veiligheid te brengen indien zich op die transportroute een ramp of zwaar ongeval voordoet.

Artikel 7:

1. Indien een bestemmingsplan, inpassingsplan of projectbesluit betrekking heeft op een gebied dat geheel of gedeeltelijk gelegen is binnen 200 meter van een transport route, wordt in de toelichting bij dat plan onderscheidenlijk in de ruimtelijke onderbouwing van dat besluit tevens ingegaan op:

- a. 1°. de dichtheid van personen in het invloedsgebied van de transportroute op het tijdstip waarop het plan of besluit wordt vastgesteld, rekening houdend met de in dat gebied reeds aanwezige personen en de personen die in dat gebied op grond van het geldende bestemmingsplan of de geldende bestemmingsplannen, projectbesluiten daaronder begrepen, redelijkerwijs te verwachten zijn, en
2°. de als gevolg van het plan of besluit redelijkerwijs te verwachten verandering van de dichtheid van personen in het gebied waarop dat plan of besluit betrekking heeft;
 - b. het groepsrisico op het tijdstip waarop het plan of besluit wordt vastgesteld en de bijdrage van de in dat plan of besluit toegelaten kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten aan de hoogte van het groepsrisico, vergeleken met de oriëntatiewaarde;
 - c. de maatregelen ter beperking van het groepsrisico die bij de voorbereiding van het plan of besluit zijn overwogen en de in dat plan of besluit opgenomen maatregelen, waaronder de stedenbouwkundige opzet, mogelijkheden tot het treffen van ruimtelijk relevante bouwkundige voorzieningen en voorzieningen met betrekking tot de inrichting van de openbare ruimte en
 - d. de mogelijkheden voor ruimtelijke ontwikkelingen met een lager groepsrisico en de voor- en nadelen daarvan.
2. Het eerste lid mag buiten toepassing blijven indien kan worden aangetoond dat:
 - a. het groepsrisico, gelet op de dichtheid van personen, bedoeld in het eerste lid,
 - b. onderdeel a, onder 1° en 2°, niet hoger is dan 0,1 maal de oriëntatiewaarde of b. 1°. het groepsrisico, gelet op de redelijkerwijs te verwachten verandering van de dichtheid van personen, bedoeld in het eerste lid, onderdeel a, onder 2°, met niet meer dan tien procent toeneemt en
2°. de oriëntatiewaarde, gelet op de dichtheid van personen, bedoeld in het eerste lid, onderdeel a, onder 1° en 2°, niet wordt overschreden.
 3. Het bevoegd gezag geeft ten hoogste eenmaal per vijf jaar toepassing aan het tweede lid, onderdeel b.
 4. Indien toepassing wordt gegeven aan het tweede lid, wordt in de toelichting bij het besluit de reden daarvan aangegeven.

De Veiligheidsregio Utrecht (VRU) heeft als uitgangspunt in ontwerpatelier 1 het volgende ingebracht: niet zelfredzame mensen mogen geen grotere overlijdenskans hebben dan zelfredzame mensen. De VRU brengt een advies uit, nadat het stedenbouwkundigplan is uitgewerkt. In dit advies zal naast de bestrijdbaarheid en de beheersbaarheid van een incident, zaken als opkomsttijden bij calamiteiten worden uitgewerkt.

5. De kosteneffectiviteit van maatregelen

5.1 Inleiding kosteneffectiviteit

De afweging voor de tweede selectie van maatregelen heeft plaats gevonden aan de hand van kosteneffectiviteit van maatregelen, zoals beschreven in de omgevingsvisie externe veiligheid van Noord-West Utrecht. Hiervoor heeft SSCM BV een methodiek ontwikkeld die landelijk is gebruikt bij diverse projecten⁸⁾. Inzicht in de kosten en de praktische toepassing van veiligheidsmaatregelen is hierbij essentieel, evenals de reductie van de kans op en het effect van ongevallen met gevaarlijke stoffen. Op basis van figuur 3 is afgeleid welke maatregelen nodig worden geacht voor de verantwoording van het groepsrisico c.q. het ruimtelijk besluit. Waarbij geldt dat maatregelen in het:

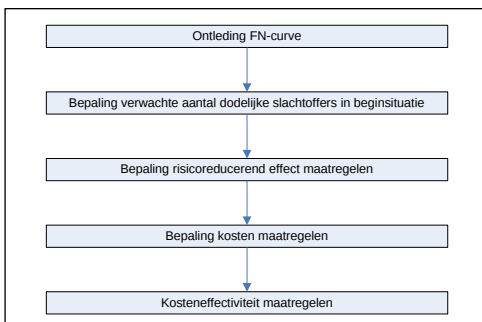
- **groene** gebied zeer kosteneffectief zijn → altijd treffen;
- **oranje** gebied in zekere mate kosteneffectief zijn → overwegen om te treffen;
- **rode** gebied niet-kosteneffectief zijn → alleen treffen om politieke of psychologische redenen.

		Kosten van maatregelen		
		Laag	Middelmatig	Hoog
Risicoreducerend effect van maatregelen	Hoog			
	Middelmatig			
	Laag			

Figuur 3: Voorbeeld van een weergave van de kosteneffectiviteit van maatregelen voor bestuurlijke afwegingen.

Voor de kosten van de maatregelen geldt, dat deze in verhouding behoren te staan tot de omvang van het plan. Dit heet ook wel het risicoreducerend effect van maatregelen. De ligging van de grenzen tussen lage, middelmatige en hoge kosten is een politiek-bestuurlijke keuze of de keuze van de initiatiefnemer. Hierbij kan gelden, dat bij een hoger risico een grotere investering op zijn plaats is. Om te komen tot het inzicht in de kosteneffectiviteit van maatregelen van figuur 3, zijn de stappen uit figuur 4 doorlopen. In bijlage 5 zijn de methodiek en de achtergrond voor de bepaling van de kosteneffectiviteit in detail besproken.

⁸⁾ De methodiek is o.m. gebruikt bij Snellerpoort, Woerden, Spoorzone Woerden, Elst Centraal, Velperpoort, gemeente Den Haag.

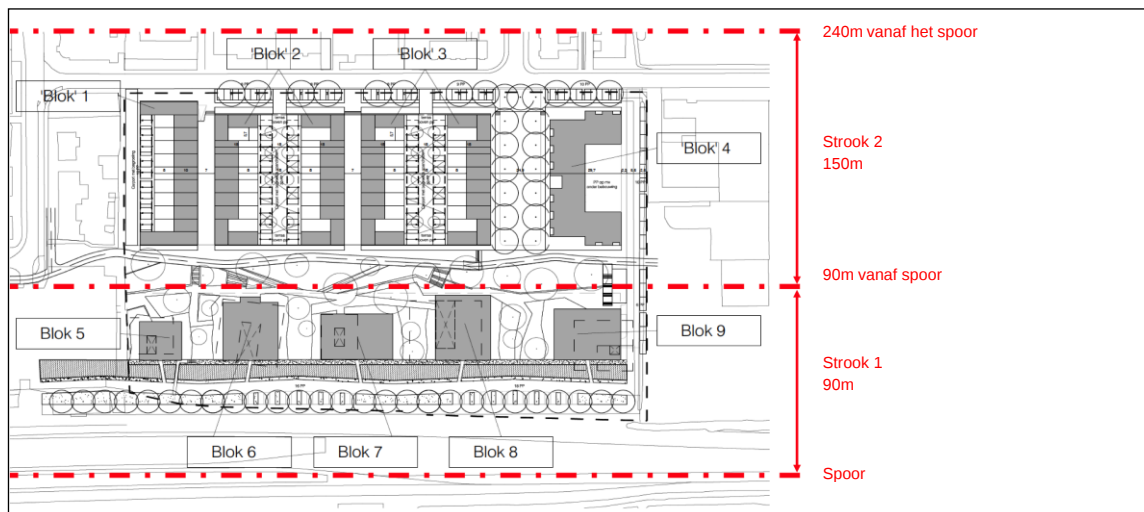


Figuur 4: Bepaling kosteneffectiviteit van maatregelen, waarbij de bepaling van verwachte aantal dodelijke slachtoffers in beginsituatie het plan zonder maatregelen betreft.

Bij de bepaling van de kosteneffectiviteit van maatregelen is gebruik gemaakt van een zogenaamde semikwantitatieve inschatting voor het risicoreducerend effect van maatregelen. Dit betekent dat de in dit rapport gepresenteerde resultaten ten aanzien van de kosteneffectiviteit van maatregelen enigszins kunnen verschillen, indien gekozen wordt voor een exacte berekening en bepaling van de kosteneffectiviteit van maatregelen op basis van probit-relaties en de reductie van de warmtestraling, piekoverdruk en/of toxiciteit. Een exacte benadering voegt substantieel nauwelijks iets toe aan het hier gepresenteerde resultaat. Het gaat immers om de orde van grootte van de kosteneffectiviteit van maatregelen.

5.2 Beschrijving situatie

In hoofdstuk 4 zijn de stedenbouwkundige randvoorwaarden besproken. Op basis van het concept stedenbouwkundig plan en de aanwezigheidsgegevens is het plangebied ingedeeld in gebieden met een homogene verdeling van personendichtheid. Ten behoeve van het bepalen van het risicoreducerend effect van maatregelen is het gebied ingedeeld in twee stroken (zie figuur 5).



Figuur 5: Plan Campina Terrein te Woerden verdeeld in een tweetal stroken ten behoeve van kosteneffectiviteitsanalyse.

5.3 Bepaling kosteneffectiviteit van plan Campina Terrein Woerden

Bij de bepaling van de kosteneffectiviteit van plan Campina Terrein Woerden is de systematiek van figuur 4 en bijlage 5 gevolgd. In deze paragraaf is de deze systematiek stapsgewijs toegespitst op het plan.

5.3.1 Stap 1: ontleding van de FN-curve

Voor de ontleding van de FN-curve zijn het aantal aanwezigen in het invloedsgebied, de ongevalfrequenties van de getransporteerde gevaarlijke stoffen bepaald. Hiermee kan het verwachte aantal dodelijke slachtoffers in de beginsituatie $E(N_d)_0$ worden bepaald.

❖ Het aantal aanwezigen in het invloedsgebied

Het aantal aanwezigen in het invloedsgebied is voor twee stroken (één van 90 meter en één van 150 meter) bepaald (zie figuur 5). Hiermee wordt (1) het verwachte aantal dodelijke slachtoffers en (2) de maatregelen in een later stadium per deelgebied bepaald. Tabel 3 bevat het aantal aanwezigen voor de dag en nacht per geprojecteerd blok in het invloedsgebied voor het plan Campina Terrein Woerden. Deze gegevens zijn afkomstig van het stedenbouwkundig plan voor het Campina Terrein. In paragraaf 2.4 zijn reeds de personendichtheden per type functie de revue gepasseerd.

Tabel 3: Aantal aanwezigen N_{pi} in plan Campina Terrein Woerden. Deze volgen uit de geplande wooneenheden, de gemiddelde bezetting per blok voor de dag en nacht.

		Woon- eenheden	Mensen per woon- eenheid (’s nachts)	Verhouding DAG / NACHT	DAG Van 8.00 tot 17.00	NACHT Van 17.00 tot 8.00
ID	Aantal mensen in strook 1					
Blok 5	Appartement	22	1,75	1:2	19,3	38,5
Blok 6	Zorg	33	1	1:1	33,0	33,0
Blok 7	Appartement	34	1,75	1:2	21,0	42,0
Blok 8	Zorg	33	1	1:1	33,0	33,0
Blok 9	Appartement	56,0	1,75	1:2	28,0	56,0
SOM STROOK 1		155		224	-	224
		Woon- eenheden	Mensen per woon- eenheid (’s nachts)	Verhouding DAG / NACHT	DAG Van 8.00 tot 17.00	NACHT Van 17.00 tot 8.00
ID	Aantal mensen in strook 2					
Blok 1 t/m 4	40 appartement en 53 eengezinswoningen	53 + 40	2,4 & 1,75	1:2	94,4	188,8
SOM STROOK 2		94		189	-	189

❖ Bepaling van ongevalfrequenties

In deze studie zijn de ongevalfrequenties gebruikt die door de gemeente Woerden via de TNO-rapportage zijn opgegeven. De transportgegevens voor gevaarlijke stoffen heeft ProRail voor het jaar 2020 opgegeven (marktverwachting uit 2007). De bijbehorende ongevalfrequenties zijn weergegeven in tabel 4.

Tabel 4: Scenario's met ongevalfrequenties voor Campina Terrein, Woerden.

Scenario	Effect	Stofcat.	Voorbeeldstof	Ongevalscenario	Ongeval-frequentie
1	warmte straling	A	propaan	fakkelbrand, continu	$2.06 \cdot 10^{-7}$
2	warmte straling	A	propaan	wolkbrand continu	$2.06 \cdot 10^{-7}$
3	warmte straling	A	propaan	wolkbrand instantaan	$5.48 \cdot 10^{-8}$
4	warmte straling	A	propaan	koude BLEVE	$2.19 \cdot 10^{-7}$
5	piek overdruk	A	propaan	koude BLEVE (warmtestraling is maatgevende effectafstand)	
6	warmte straling	A	propaan	warme BLEVE	$3.90 \cdot 10^{-7}$
7	piek overdruk	A	propaan	warme BLEVE (warmtestraling is maatgevende effectafstand)	
8	warmte straling	C3	hexaan	plasbrand 300 m2 (R=10m)	$3.44 \cdot 10^{-5}$
9	warmte straling	C3	hexaan	plasbrand 600 m2 (R=14m)	$2.29 \cdot 10^{-5}$
10	toxische belasting	D3	acrylnitril	vrijkomen toxische vloeistof 300 m2 (R=10m)	$2.63 \cdot 10^{-6}$
11	toxische belasting	D3	acrylnitril	vrijkomen toxische vloeistof 600 m2 (R=14m)	$1.75 \cdot 10^{-6}$
12	toxische belasting	D4	fluorwaterstof	vrijkomen toxische vloeistof 300 m2 (R=10m)	$5.71 \cdot 10^{-7}$
13	toxische belasting	D4	fluorwaterstof	vrijkomen toxische vloeistof 600 m2 (R=14m)	$3.81 \cdot 10^{-7}$
14	toxische belasting	B2	ammoniak	vrijkomen continu	$1.11 \cdot 10^{-7}$
15	toxische belasting	B2	ammoniak	vrijkomen instantaan	$7.41 \cdot 10^{-8}$
16	toxische belasting	B3	chloor	vrijkomen continu	$4.08 \cdot 10^{-9}$
17	toxische belasting	B3	chloor	vrijkomen instantaan	$2.72 \cdot 10^{-9}$

5.3.2 Stap 2: bepaling verwachtingswaarde van doden zonder maatregelen $E(N_d)_0$

Nadat het aantal aanwezigen in strook 1 en 2 en de ongevalfrequenties zijn bepaald, kan de $E(N_d)_0$ (de verwachtingswaarde van het aantal doden in een jaar ten gevolge van een activiteit zonder maatregelen) - per strook - worden bepaald. Dit kan met formule (9) van bijlage 5. Bij de bepaling van deze waarde is rekening gehouden met een drietal aspecten:

1. De dag – nacht verhouding van het transport is 0.3 : 0.7;
2. De dag – nacht verhouding van het aantal mensen aanwezig in het invloedsgebied conform tabel 3;
3. De lethaliteitsgrenzen die afhankelijk zijn van het optredende scenario.

De $E(N_d)_0$ is de sommatie van de verwachtingswaarde voor beide stroken (voor alle scenario's), ofwel de uitgeschreven formules (18, 19 en 20) voor de verwachtingswaarde van bijlage 6. Het resultaat en de uitwerking van formule (21) voor het plan Campina Terrein Woerden worden gepresenteerd in tabel 5.

Het totaal gecumuleerde aantal verwachte dodelijke slachtoffers (ten gevolge van transport gevaarlijke stoffen) ($E(N_d)_0$) bedraagt 1.1 per 1000 jaar ($1.1 \cdot 10^{-3}$) voor het plasbrandscenario. Deze scenario veroorzaakt het grootste aandeel verwachte aantal dodelijke slachtoffers in dit plangebied.

Tabel 5: Aandeel van scenario's in de verwachtingswaarde dodelijke slachtoffers in de situatie zonder maatregelen.

Scenario	Effect	Stofcat	Ongevalscenario	Aandeel $E(N_d)_0$ per scenario
1	warmte straling	A	fakkelbrand, continu	$2.3 \cdot 10^{-5}$
2	warmte straling	A	wolkbrand continu	$2.6 \cdot 10^{-5}$
3	warmte straling	A	wolkbrand instantaan	$1.2 \cdot 10^{-5}$
4	warmte straling	A	Koude BLEVE	$4.6 \cdot 10^{-5}$
5	piek overdruk	A	koude BLEVE	Nvt
6	warmte straling	A	warme BLEVE	$9.9 \cdot 10^{-5}$
7	piek overdruk	A	warme BLEVE	Nvt
8	warmte straling	C3	plasbrand 300 m2 (R=10m)	$8.4 \cdot 10^{-4}$
9	warmte straling	C3	plasbrand 600 m2 (R=14m)	$1.1 \cdot 10^{-3}$
10	toxische belasting	D3	vrijkomen toxische vloeistof 300 m2 (R=10m)	$1.1 \cdot 10^{-4}$
11	toxische belasting	D3	vrijkomen toxische vloeistof 600 m2 (R=14m)	$1.4 \cdot 10^{-4}$
12	toxische belasting	D4	vrijkomen toxische vloeistof 300 m2 (R=10m)	$1.3 \cdot 10^{-4}$
13	toxische belasting	D4	vrijkomen toxische vloeistof 600 m2 (R=14m)	$1.0 \cdot 10^{-4}$
14	toxische belasting	B2	vrijkomen continu	$3.0 \cdot 10^{-5}$
15	toxische belasting	B2	vrijkomen instantaan	$1.6 \cdot 10^{-5}$
16	toxische belasting	B3	vrijkomen continu	$1.0 \cdot 10^{-6}$
17	toxische belasting	B3	vrijkomen instantaan	$7.6 \cdot 10^{-7}$
$E(N_d)_0$				$2.7 \cdot 10^{-3}$

5.3.3 Stap 3: bepaling risicoreducerend effect van een maatregel

In deze studie kan niet een algemene risicoreductiefactor (λ_j) worden aangenomen, omdat de effecten van mogelijke scenario's met gevaarlijke stoffen per strook verschillen. Dit komt doordat een deel van de letaliteitswaarden van scenario's wel in strook 1 vallen, maar niet in strook 2. Derhalve zijn $\lambda_{j, \text{strook 1}}$ en $\lambda_{j, \text{strook 2}}$ geïntroduceerd om de risicoreductie factor van maatregel j per strook te bepalen. Het is vanzelfsprekend dat $\lambda_{j, \text{strook 1}}$ kleiner is dan $\lambda_{j, \text{strook 2}}$. De waarden voor $\lambda_{j, \text{strook 1}}$ en $\lambda_{j, \text{strook 2}}$ zijn per maatregel terug te vinden in bijlage 7⁹⁾.

5.3.4 Stap 4: bepaling kosten maatregelen

De kosten zijn gespecificeerd in bijlage 8 en de notitie van 15 juni jl. De kosten staan samen met het risicoreducerend effect in tabel 6.

5.3.5 Stap 5: resultaten kosteneffectiviteit maatregelen

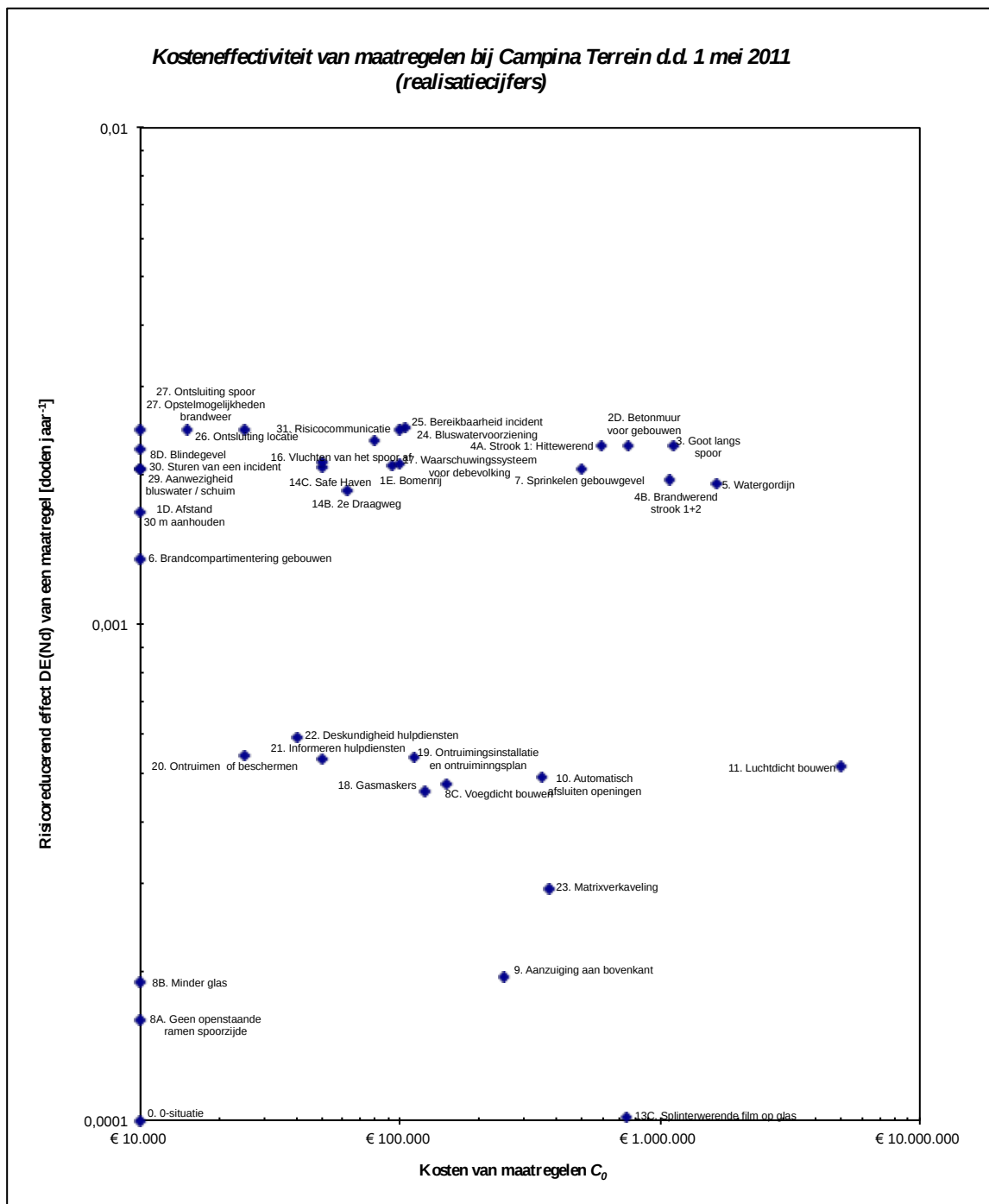
Nadat het risicoreducerend effect en de kosten van maatregelen zijn bepaald, kan de vergelijking tussen risicoreducerend effect van maatregelen en de investeringen hiervan gepresenteerd worden door middel van een kosteneffectiviteitsdiagram, zie figuur 6. Hierin is het volgende te zien: (1) des te hoger in het

⁹⁾ De verwachtingswaarde van het aantal dodelijke slachtoffers per maatregel is bepaald m.b.v. vergelijking (21) in bijlage 4.

diagram, des te hoger het risicoreducerend effect van de maatregel en (2) des te meer rechts in het diagram, des te duurder de maatregel.

Tabel 6: Risicoreducerend effect en de (inschatting) kosten van de overgebleven maatregelen voor totale plan.

id	omschrijving maatregel	$\Delta E(N_d)$ risico-reducerend effect van maatregelen	kwantitatieve kosten conform bijlage 8
0	"0-situatie": aannname	$1,0 \cdot 10^{-4}$	€ 10.000
1D	Afstand 30m	$1,7 \cdot 10^{-3}$	€ 10.000
1E	Bomenrij	$2,1 \cdot 10^{-3}$	€ 93.750
3	Plasbeperkende maatregel: goot onder / langs spoor	$2,3 \cdot 10^{-3}$	€ 1.125.000
4A	Hittewerend uitvoeren van gevel van gebouwen strook 1	$2,3 \cdot 10^{-3}$	€ 593.405
4B	Hittewerend uitvoeren van gevel van gebouwen strook 1+2	$1,9 \cdot 10^{-3}$	€ 1.093.405
6	Brandcompartimentering gebouwen	$1,3 \cdot 10^{-3}$	€ 10.000
8B	Minder glas in gevelornamenten aan spoorzijde	$1,9 \cdot 10^{-4}$	€ 10.000
8C2	kleine overdruk gebouw	$4,7 \cdot 10^{-3}$	€ 151.663
9	Aanzuiging lucht bovenkant gebouwen	$2,0 \cdot 10^{-4}$	€ 250.000
10	Automatisch afsluiten v. opening, airco's of ventilatiesysteem	$4,9 \cdot 10^{-4}$	€ 350.000
13C	Spliterwerende film op glas	$1,0 \cdot 10^{-4}$	€ 744.444
14A	Gebouw met lage bezettingsgraad langs spoor, NVT	$2,1 \cdot 10^{-3}$	€ 1
14B	Bescherming dragende delen hoogbouw (2e draagweg)	$1,8 \cdot 10^{-3}$	€ 62.500
14C	Safe Haven	$2,0 \cdot 10^{-3}$	€ 50.000
15A	Functies met lage bezettingsgraad langs spoor, NVT	$2,1 \cdot 10^{-3}$	€ 1
15B	Gebouw loodrecht op het spoor, NVT	$1,9 \cdot 10^{-3}$	€ 1
16	Vluchten van het spoor af	$2,1 \cdot 10^{-3}$	€ 50.000
17	Waarschuwingssysteem voor bevolking	$2,1 \cdot 10^{-3}$	€ 1
19	Ontruimingsinstallatie + ontruimingsplan	$5,4 \cdot 10^{-4}$	€ 112.500
20	Afweging ontruimen of beschermen	$5,4 \cdot 10^{-4}$	€ 25.000
21	Adequaaf informeren hulpdiensten	$5,3 \cdot 10^{-4}$	€ 50.000
22	Deskundigheid hulpdiensten	$1,1 \cdot 10^{-3}$	€ 40.000
23	Matrixverkaveling	$2,9 \cdot 10^{-4}$	€ 1
24	Voldoende bluswatervoorziening	$2,5 \cdot 10^{-3}$	€ 105.000
25	Bereikbaarheid incident	$2,5 \cdot 10^{-3}$	€ 100.000
26	Ontsluiting van de locatie	$2,5 \cdot 10^{-3}$	€ 15.000
27	Ontsluiting van het spoor (dienstweg)	$2,5 \cdot 10^{-3}$	€ 25.000
28	Opstel mogelijkheden brandweer	$2,5 \cdot 10^{-3}$	€ 10.000
29	Aanwezigheid bluswater / schuim	$2,0 \cdot 10^{-3}$	€ 10.000
30	Sturen van een incident	$2,1 \cdot 10^{-3}$	€ 10.000
31	Risicocommunicatie + oefenen	$2,3 \cdot 10^{-3}$	€ 80.000



Figuur 6: Het risicoreducerend effect van maatregelen uitgezet tegen de kosten van maatregelen.

Uit de figuren blijkt in algemene zin dat maatregelen tegen brand op kosteneffectieve wijze kunnen worden genomen. Maatregelen aan gebouwen tegen toxische gassen kunnen weliswaar uitgevoerd worden, maar blijken in zijn algemeenheid duur. Dergelijke maatregelen hebben voor Campina Terrein wel een hoog risicoreducerend effect. Maatregelen tegen explosies zijn, zowel in constructief als in financieel opzicht, zeer moeilijk te realiseren. Uit gevoeligheidsanalyse blijkt voorts dat bij invoeren van andere “pessimistische” vervoergegevens geen significant verschil zit in de kosteneffectiviteit van maatregelen. Tevens is de maatregel 8C kleine overdruk in het gebouw zeer gevoelig in het aangepaste programma.

5.4 Mogelijke classificatie van kosteneffectiviteit bij plan Campina Terrein Woerden

Om af te leiden welke maatregelen nodig worden geacht voor de verantwoording van het groepsrisico c.q. het ruimtelijk besluit, is de kosteneffectiviteit van maatregelen van figuur 6 geclassificeerd. Hierbij is een gangbare uitgangspunt genomen om het risicoreducerend effect en de kosten van maatregelen te classificeren (zie bijv. figuur 3). Dit leidt tot het inzicht van figuur 7.

		Kosten van maatregelen		
		Laag	Middelmatig	Hoog
Risicoreducerend effect van maatregelen	Hoog	17: Waarschuwingssysteem voor bevolking 24: Voldoende bluswatervoorziening 25: Bereikbaarheid incident 26: Ontsluiting van de locatie 27: Ontsluiting van het spoor (dienstweg) 28: Opstel mogelijkheden brandweer 29: Bluswater / schuim 30: Sturen van een incident	4A: Hittewerend uitvoeren van gevel van gebouwen strook 1 14B: 2e draagweg 14C: Safe Haven 16: Vluchten van het spoor af 31: Risicocommunicatie	3: Plasbeperkende : goot onder / langs spoor
	Middelmatig	1D: Afstand 30m aanhouden 6: Brandcompartimentering gebouwen 20: Afweging ontruimen of beschermen 21: Adequaat informeren hulpdiensten 22: Deskundigheid hulpdiensten 32: Een BHV-organisatie bij zorg in de appartementen	1E: Bomenrij 8C2: Kleine overdruk gebouw 10: Automatisch afsluiten openingen 19: Ontruimingsinstallatie + ontruimingsplan 10: Automatisch afsluiten van openingen, airco's of ventilatiesysteem 23. Matrixverkaveling	
	Laag	8A: Geen openslaande ramen aan spoorzijde	9: Aanzuiging lucht bovenkant gebouwen	13C: Splitterwerende film op glas

Figuur 7: Classificatie van het risicoreducerend effect van maatregelen uitgezet tegen de kosten van maatregelen.

De hier gepresenteerde classificatie is slechts een mogelijke indeling voor de kosten en het risicoreducerend effect. De ligging van de grenzen tussen lage, middelmatige en hoge kosten is uiteraard een (politiek-bestuurlijke) keuze. Derhalve worden in dit rapport slechts indicaties gegeven van de mogelijk te treffen kosteneffectieve maatregelen.

Als het plan Campina Terrein wordt beschouwd waarin voor blok 6 en 8 geïnstitutionaliseerde zorg met een gedeeltelijk eigen BHV organisatie is meegenomen in de beschouwing van maatregelen, dan kan het volgende worden geconstateerd:

- ❖ Het groepsrisico als gevolg van de realisatie van het stedenbouwkundig plan “Campina Terrein” neemt niet-significant toe. Het groepsrisico valt conform de omgevingsvisie van de Milieudienst Noord-West Utrecht in het rode gebied van bijlage 3.
- ❖ Op basis van deze omgevingsvisie zijn alle mogelijke risicoreducerende maatregelen in kaart gebracht op basis waarvan de maatregelen redelijkerwijs kunnen worden geselecteerd voor de verantwoording van het groepsrisico.

Op basis van deze twee constateringën heeft het projectgroep tijdens ontwerpatelier II het volgende aangegeven:

- ❖ Maatregelen in het groene gebied van figuur 7 minstens allemaal te treffen. Deze maatregelen hebben voornamelijk betrekking op de hulpverlening en zijn zeer kosteneffectief tegen plasbrandscenario's en eventuele beginstadiën van scenario's met grotere omvang. Deze maatregelen zijn als volgt:
 - Maatregel 6: Brandcompartimentering gebouwen;
 - Maatregel 20: Afweging ontruimen of beschermen;
 - Maatregel 21: Adequaat informeren hulpdiensten;
 - Maatregel 22: Deskundigheid hulpdiensten;
 - Maatregel 24: Voldoende bluswatervoorziening;
 - Maatregel 25: Bereikbaarheid incident;
 - Maatregel 26: Ontsluiting van de locatie;
 - Maatregel 27: Ontsluiting van het spoor (dienstweg);
 - Maatregel 28: Opstelmogelijkheden brandweer;
 - Maatregel 29: Aanwezigheid bluswater / schuim;
 - Maatregel 30: Sturen van een incident;
 - Maatregel 32: Een BHV-organisatie bij zorg in de appartementen.
- ❖ Maatregelen in het oranje gebied van figuur 7 individueel te overwegen in ontwerpatelier III en nader te onderzoeken. Een aantal maatregelen is tijdens ontwerpatelier II afgevallen en verwerkt in figuur 7. Sommige maatregelen kunnen eenvoudig in het ontwerp worden geïntegreerd tegen een geringe investering. Dergelijke maatregelen zijn kosteneffectief en bevorderen de zelfredzaamheid van personen in de gebouwen. De afgevallen maatregelen zijn buiten beschouwing gelaten in figuur 7.
- ❖ Maatregelen in het rode gebied niet te treffen, aangezien deze niet kosteneffectief zijn. Door de projectgroep is tijdens ontwerpatelier II gekozen dat splinterwerende film op glas (maatregel 13C) wel nader moet worden onderzocht.

5.5 Keuze uit maatregelen

Tijdens het ontwerpatelier II, d.d. 7 mei jl. is door de projectgroep Campinaterrein aangegeven om een aantal maatregelen nader uit te werken. Hierbij is aangegeven om de consequenties in kaart brengen als in gebouw 6 en 8 een andere doelgroep, zoals wonen en/of zorg zonder BHV komt. Deze vraag wordt ingevuld nadat de extra veiligheidsverhogende te treffen maatregelen is gepresenteerd. Daarnaast zijn in ontwerpatelier II, de ontwerputgangspunten van de te selecteren maatregelen besproken. Resumerend komt dit overeen met:

1. Maatregelen tegen de “plasbrand” en het vrijkomen van een “toxisch gas” moeten in overweging worden genomen.
2. Iedereen in het plangebied moet dezelfde kans hebben om te overleven c.q. even veilig zijn.
3. Ontwerpbeginsel is het ontwerpen met brandwerende maatregelen.
4. De VRU focust zich op het incident.
5. Bebouwing bevindt zich op minimaal 30 meter van het spoor.
6. Alle maatregelen die opgenomen zijn in de 'groene' tabel (figuur 7) worden als een vanzelfsprekendheid meegenomen in het plan en hoeven daarom niet besproken te worden.
7. Aan de groene tabel toevoegen: bij zorg in de appartementen moet de organisatie een “BHV” hebben, incl. een bedrijfsnoodplan en een ontruimingsplan.

Ad 1:

Zie uitwerking in bijlage 9.

Ad 2:

De persoonlijke veiligheid van de individuele burger, oftewel het *plaatsgebonden risico*, is de overlijdenskans die een persoon loopt door op een bepaalde afstand van een transportroute (permanent) aanwezig te zijn. Het plaatsgebonden risico is dus een ruimtelijk verdeelde grootheid en dus afhankelijk van de plaats (zie bijlage 5). Doordat gebouwen 5 t/m 9 nagenoeg op dezelfde afstand van het spoor liggen, hebben mensen in die gebouwen dezelfde kans om te overlijden en te overleven en zijn hiermee dus even veilig. Bovendien vindt de ontwikkeling buiten de 30 meter zone plaats. De zone van 30 meter heeft betrekking op de zgn. plasbrandaandachtsgebied en / of het gebied waarbinnen maximaal de 10^{-6} -contour van de plaatsgebondenrisico valt. Hiermee wordt voldaan aan het eerste landelijke criterium voor externe veiligheid en is hiermee een nadere oordeelvorming over de aanvaardbaarheid van het plaatsgebondenrisico niet relevant (zie ook hoofdstuk 2).

Ad 3:

Zie uitwerking in paragraaf 5.5.2.

Ad 4:

De VRU heeft aangegeven dat zij de beheersbaarheid en de bestrijdbaarheid van het incident onderzoekt, nadat het stedenbouwkundig plan is vastgesteld.

Ad 5:

Zie ad 2.

Ad 6:

De maatregelen in het groene gebied worden getroffen.

Ad 7:

Is gedaan in figuur 7.

In bijlage 9 is een aantal maatregelen nader uitgewerkt.

5.6 *Derde selectie van maatregelen*

In de notitie van 4 juni 2012, zijn de kosten van de maatregelen uitgewerkt. Deze zijn grotendeels van toepassing op de aanpassingen van blok 6 en 8. De gekozen maatregelen worden aan het College van B&W van Woerden als besluit voorgelegd bij de verantwoording van het groepsrisico.

Bijlage 1: Processtappen voor de verantwoording van het groepsrisico

Externe veiligheid is een proces wat gezamenlijk met de gemeente moet worden doorlopen om een veiligheidsgeïntegreerd ontwerp van de ruimtelijke ontwikkeling te maken. Hierbij zijn de volgende processtappen van belang:

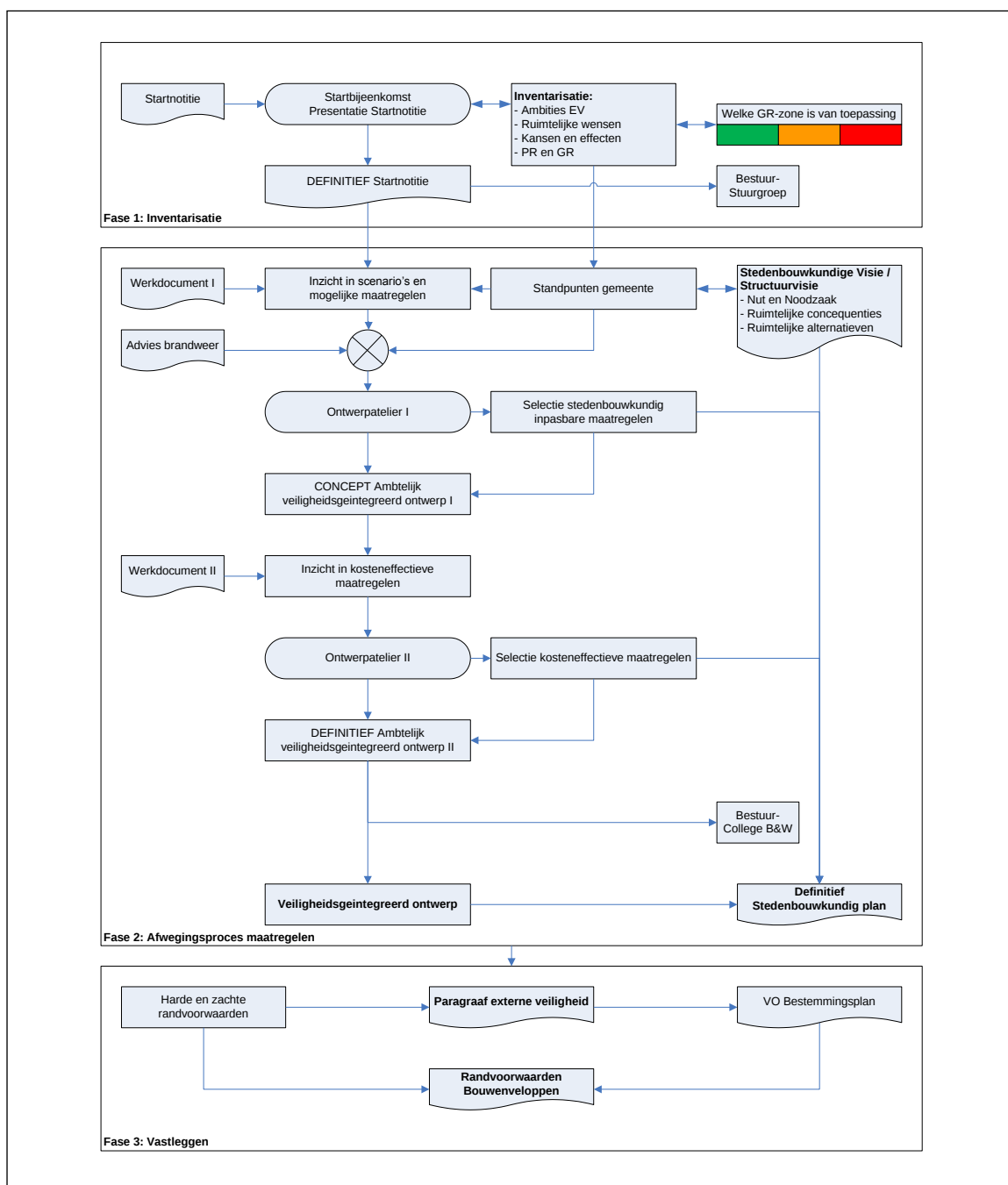
1. *Inventariseren*: bestaande uit in beeld brengen van de externe veiligheidssituatie (QRA-berekening van het plaatsgebonden- en het groepsrisico) en het vaststellen van de startnotitie voor fase 2 en 3;
2. *Afwegen*: in deze fase vindt het ontwerpproces plaats middels ontwerpateliers (zie paragraaf 3.2). Hierbij wordt invulling gegeven aan de volgende criteria voor de verantwoording van het groepsrisico (conform het landelijk beleid en de regionale omgevingsvisie):
 - Mogelijkheden tot beperking groepsrisico (nu en in de toekomst);
 - Mogelijkheden tot voorbereiding en bestrijding ramp;
 - Mogelijkheden voor zelfredzaamheid en vluchtmogelijkheden aanwezig;
 - Mogelijkheden voor ruimtelijke alternatieven.

Bij het doorlopen van fase 2 wordt het veiligheidsgeïntegreerde ontwerp (ambtelijke en bestuurlijk) vastgesteld.

3. *Vastleggen*: Deze situatie moet voor zover mogelijk in het bestemmingsplan worden vastgelegd. Het is belangrijk dat het tot stand komen van dit ontwerp in de toelichting van het bestemmingplan wordt beschreven. In deze fase wordt het ontwerp vertaald naar de planregels en de plank kaart. Volgens de Memorie van Toelichting maakt artikel 3.1 van de Wro het mogelijk om een betere relatie te leggen tussen ruimtelijke ordening en milieuaspecten.

Waarschijnlijk zijn in het bestemmingsplan (milieu)kwaliteitsnormen voor externe veiligheid opgenomen die bindend zijn. Ook kunnen zachte randvoorwaarden als aanvulling in de bouwenvelopen of een separaat gemeentelijk besluit worden opgenomen. Het eindresultaat is de paragraaf externe veiligheid. De juridische houdbare verankering van veiligheid in het bestemmingsplan en/of de bouwenvelopen is voorts onmisbaar, omdat voldoende rechtszekerheid moet bestaan over het daadwerkelijk tot stand komen van de gekozen maatregelen.

Een voorbeeld van een dergelijk proces is weergegeven in figuur 1. Uitgangspunt bij deze indicatieve processtappen is dat geen nieuw onderzoek wordt gedaan, maar dat gewerkt wordt met reeds verzamelde gegevens die worden geordend en iteratief worden verankerd in het ontwerp. De reeds aanwezige kennis op het gebied van externe veiligheid wordt zodanig toegepast, dat een adequaat en passend ontwerp wordt vervaardigd dat tevens gedragen wordt door alle betrokken partijen. De projectontwikkelaar organiseert met de gemeente ontwerpateliers en de resultaten van deze ateliers en worden aanvullende keuzes en adviezen van gemeente en brandweer verwerkt in het ontwerp. Het bestuur van een gemeente wordt zodoende actief betrokken. Met dit proces wordt invulling gegeven aan zowel het landelijk als regionaal beleid.



Figuur B1: Een schematische weergave van het proces om te komen tot een veiligheidsgeïntegreerd ontwerp.

Het belang van ontwerpateliers bij een robuust proces

Bij ontwerpatelier I wordt de projectgroep, de architect, de projectontwikkelaar (met evt. een externe), de veiligheidsregio / regionale brandweer Noord-West Utrecht en de milieudienst Noord-West Utrecht aanwezig. Tijdens deze atelier komt door de inbreng van alle actoren een veiligheidsgeïntegreerd ontwerp op hoofdlijnen tot stand. Kern van het ontwerpatelier I is het concretiseren van ontwerpuitgangspunten en het integreren van deze uitgangspunten en maatregelen in het stedenbouwkundig plan. Ook worden maatregelen geselecteerd, die relevant, gewenst en inpasbaar zijn voor het stedenbouwkundig plan.

Na ontwerpatelier I wordt de kosteneffectiviteit van de geselecteerde maatregelen bepaald (evt. door externen). Bij het keuzeproces is de kosteneffectiviteit van maatregelen een belangrijk aspect: zo groot mogelijk risicoreducerend effect tegen zo laag mogelijke kosten. De gemeente zal in overleg met de ontwikkelaar de kosten van elk van de geselecteerde maatregelen in beeld brengen. Dit is aan elkaar gekoppeld in een matrix/diagram waarin het risicoreducerend effect is uitgezet tegen de kosten van maatregelen. Hieruit heeft de gemeente de kosteneffectieve maatregelen gekozen. Daarnaast speelden een aantal kwalitatieve factoren een rol. De ontwikkelaar zal de gemeente voorgeleggen om hier een standpunt over te nemen. Deze analyse (kosteneffectiviteit van maatregelen) wordt gerapporteerd in een document, dat als de input wordt gebruikt voor het ontwerpatelier II.

Het eindresultaat van fase 2 is daarmee een veiligheidsgeïntegreerd ontwerp met daarin harde en zachte randvoorwaarden voor de uitwerking van het plan. De keuze van deze randvoorwaarden is transparant door het inzicht in de kosteneffectiviteit en daarmee het nemen van de meest efficiënte mix van maatregelen. Dit ontwerp wordt toegespitst op het plan Campina terrein. Dit ontwerp en het proces waarin dat tot stand is gekomen, wordt onderbouwd in een rapport en een advies voor het bestuur van de gemeente Woerden. Ervaring leert dat na een ontwerpatelier uitwerkingen nodig zijn. De ontwikkelaar voert deze analyse tot het niveau dat nodig is voor het maken van de afweging uit. Tussenresultaat is een veiligheidsgeïntegreerd stedenbouwkundig ontwerp dat, na eventuele wijzigingen, ambtelijk is vastgesteld. Vervolgens zal de ontwikkelaar dit ontwerp en het proces waarin het tot stand is gekomen, presenteren aan het bestuur van de gemeente Woerden. Het definitief ambtelijk veiligheidsgeïntegreerd ontwerp wordt gepresenteerd aan het college van burgemeester en wethouders. Hiermee kan de verantwoording zowel inhoudelijk als procesmatig worden ingevuld.

Bijlage 2: FN-curves door verandering als gevolg van ontwikkeling Campinaterrein

De ontwikkeling van het Campinaterrein bijdraagt aan het groepsrisico (zie figuur B.1). Bron: DGMR-deelrapport "Actualisatie risicoanalyse spoor Woerden 2013" d.d. 17 mei 2013).



Figuur B.2: Verandering groepsrisico als gevolg van de ontwikkeling van het Campinaterrein voor de kilometer spoor met het hoogste groepsrisico.

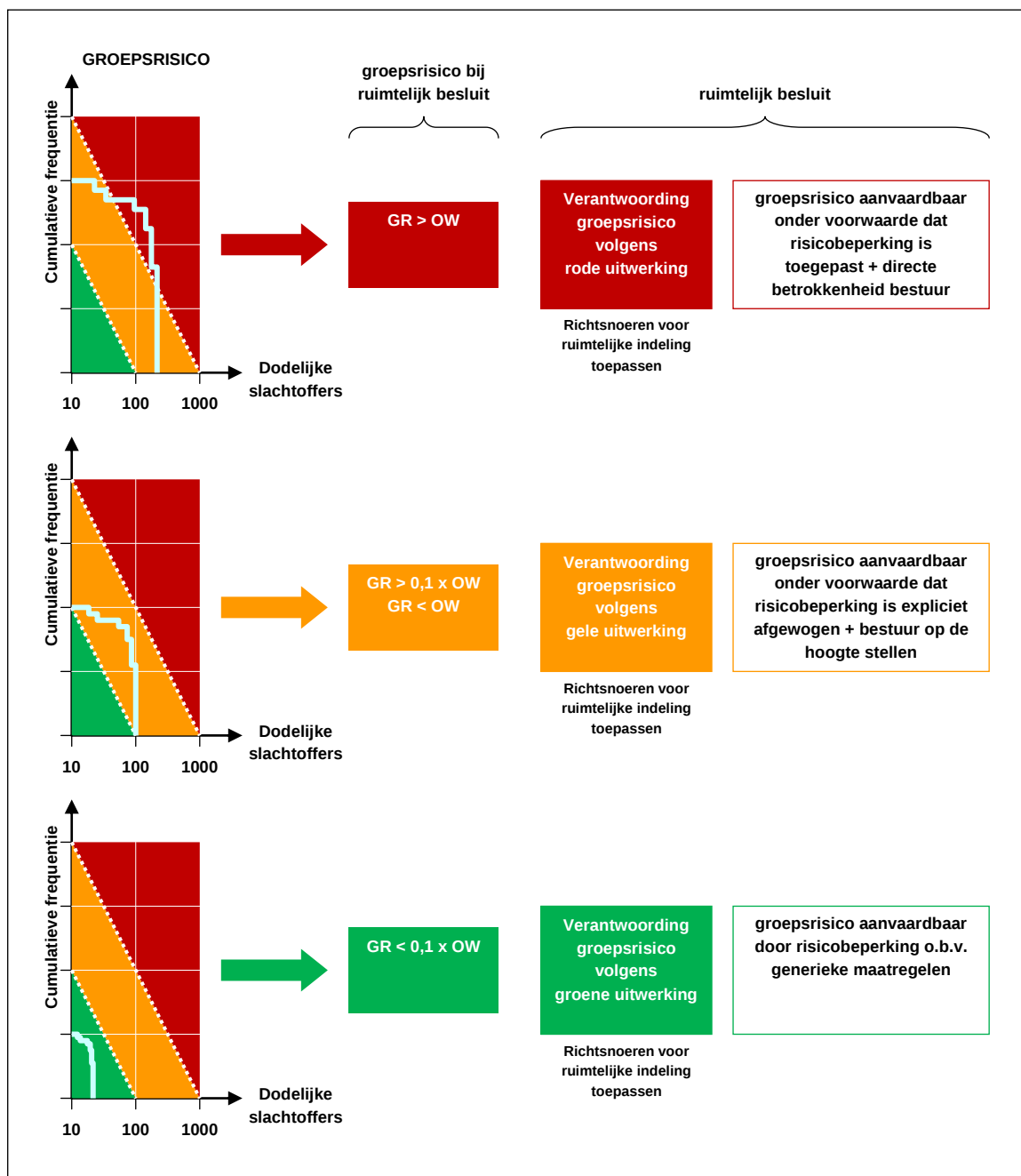
Bijlage 3: Methodiek verantwoording van het groepsrisico conform de omgevingsvisie

Indien een ruimtelijk plan binnen een bepaald type gebied wordt gerealiseerd, wordt in de regio de systematiek van figuur B.4 gehanteerd. Deze systematiek heeft betrekking op het door het bevoegd gezag te nemen besluit over de aanvaardbaarheid van het groepsrisico (GR) en de hieraan gestelde voorwaarden. De regelgeving stelt geen harde normen voor het GR, maar maakt het GR een belangrijk onderdeel van de afweging bij de besluitvorming. De systematiek gaat daarom uit van de hoogte van het GR in het invloedsgebied en de daaraan gekoppelde verantwoording van het GR. Als stelregel geldt: *hoe hoger het GR hoe zwaarder de verantwoording van het GR* en des te meer betrokkenheid en verantwoording van het bestuur. Deze methodiek maakt het bestuurlijke afwegingsproces inzichtelijk en het beheersen van risico's mogelijk. De systematiek van figuur 6 is onderverdeeld in een drietal GR-zones (lees: "GR-kleuren"): groen (laag GR), geel (hoog GR) en rood (zeer hoog GR). De GR-zones worden vergeleken met de oriënterende waarde (OW) voor het GR. Per GR-zone zijn andere besluiten, handelwijzen en voorwaarden gekoppeld. Als het (berekende) GR van een activiteit in een bepaalde zone uitkomt, volgen hieruit besluiten of maatregelen voor deze activiteit. De GR-zones vormen in feite de eisen en voorwaarden die het bestuur inzicht geven in risicobeperking voor het al dan niet toelaten van een activiteit¹⁰⁾. De eisen en voorwaarden in de groene GR-zone zijn onderdeel van de gele GR-zone, die weer deel uitmaken van de rode GR-zone. De inhoud van deze GR-zones is als volgt:

- ❖ **Groen** Het gebied $GR < 0,1 \times OW$ (GR tenminste een factor 10 onder de OW)
 - De activiteit wordt toegelaten, indien:
 - generieke maatregelen getroffen zijn.
 - liefst geen nieuwe objecten met verminderd zelfredzame personen worden toelaten binnen het invloedsgebied van de risicobron.
- ❖ **Geel** Het gebied waarbij $0,1 \times OW < GR < OW$ (GR nabij, maar onder de OW)
 - De activiteit wordt toegelaten, indien:
 - risicobeperking expliciet is afgewogen;
 - het bestuur op de hoogte is gesteld van deze ontwikkeling en het bestuur het besluit neemt;
 - zo veel mogelijk maatregelen zijn getroffen om het GR te reduceren, conform de veiligheidsgeïntegreerde ontwerpmatrix¹¹⁾;
 - de bevolking goed is geïnformeerd over hoe te handelen bij een calamiteit.
- ❖ **Rood** Het gebied $GR > OW$ ligt (GR overschrijdt de OW)
 - De activiteit wordt niet toegelaten, tenzij:
 - risicobeperking expliciet is toegepast;
 - het bestuur direct is betrokken bij deze ontwikkeling en het bestuur het besluit neemt;
 - alle mogelijke maatregelen getroffen zijn om het GR te reduceren, conform de veiligheidsgeïntegreerde ontwerpmatrix;
 - er verantwoording is afgelegd van maximaal aantal slachtoffers (doden en gewonden);
 - economische schade van een ongeval is verantwoord;
 - de kosteneffectiviteit van de treffen maatregelen zijn in kaart gebracht.

¹⁰⁾ De uitwerking per GR-zone is in de omgevingsvisie externe veiligheid Noord-West Utrecht opgenomen.

¹¹⁾ De veiligheidsgeïntegreerde ontwerpmatrix is in het VROM-rapport veiligheidsgeïntegreerd ontwikkelen, ordenen en ontwerpen opgenomen.



Figuur B.4: Resumé systematiek verantwoording GR in relatie tot de hoogte van het GR. De kleuren vormen de GR-zones. Deze systematiek is sterk richtinggevend voor bestuurlijke afwegingen rondom het GR.

Bijlage 4: Effecten van ongevallen met gevaarlijke stoffen

❖ Ongevalscenario's met brandbare gassen

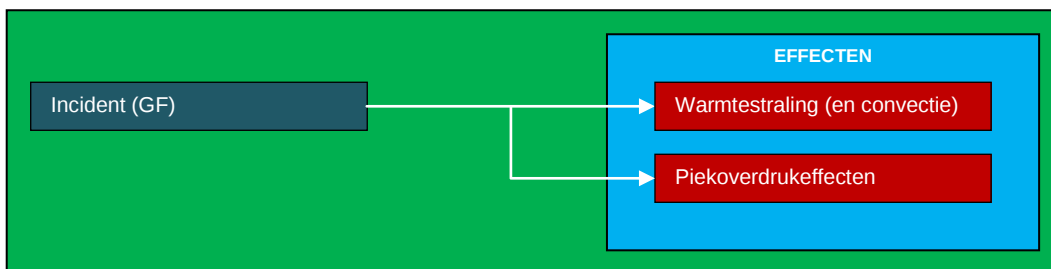
Vervoerde brandbare gassen zijn te omschrijven als in een tankwagon tot vloeistof verdichte gassen. Deze gassen worden dus onder druk vervoerd. Bij het vrijkomen van de vloeistof uit de tank wordt gas gevormd. Het gaat hierbij om stoffen als propaan en LPG. Bij het vrijkomen van een brandbaar gas kan een directe ontsteking van het vrijkomend gas plaatsvinden of een vertraagde ontsteking, waarbij zich eerst een gaswolk heeft gevormd. In zijn algemeenheid kan worden gesteld dat de schadeontwikkeling bij het vrijkomen van brandbare gassen het volgende kan zijn:

- ❖ **Fakkelbrand:** bij het continu vrijkomen van een brandbaar gas uit een gat in de tank zal zich bij een directe ontsteking een fakkel vormen. Dit subscenario resulteert in een hoge **warmtestraling**;
- ❖ **Wolkbrand:** bij het continu vrijkomen van een brandbaar gas uit een gat in de tank zal bij een vertraagde ontsteking een gaswolkbrand ontstaan. Door het continu vrijkomen van het gas ontstaat eerst een wolk, die daarna als gevolg van een ontstekingsbron ontsteekt. Dit subscenario resulteert in een hoge **warmtestraling**;
- ❖ **BLEVE (warm of koud):** Een BLEVE is een explosie als gevolg van het falen van de tankwagon, met daarin het tot vloeistof verdichte gas, gevolgd door een explosieve expansie van de vloeistof. Voor het falen van de tankwagon is de vloeistof in evenwicht met de verzadigde damp. Na het falen valt deze druk weg en treedt een versnelde verdamping op. Dit proces heeft tot gevolg dat in enkele milliseconden een grote hoeveelheid vloeistof verdampt (ook wel flashen genoemd). Energie en gas komt hierbij vrij. Een BLEVE resulteert in **warmtestraling, piekoverdruk en brokstukken**. De grondschok bij een BLEVE is meestal verwaarloosbaar ten opzichte van andere effecten.

Bij het transport van tot vloeistof verdichte gassen kunnen twee oorzaken tot een BLEVE leiden:

- de eerst mogelijke oorzaak is brand / vlammen in contact met de tank (**warme BLEVE**). Hierdoor wordt de tankinhoud verwarmd en zal de druk toenemen (volgens het damp / vloeistof evenwicht). Tegelijkertijd kan lokaal de sterkte van de tankwand afnemen als gevolg van een temperatuurstoename. De combinatie van verhoogde druk en (lokale) afname van sterkte zal er uiteindelijk toe leiden dat de tankwand bezwijkt. De tijdsverloop van de ongevalontwikkeling bedraagt ca. 30 minuten.
- de tweede mogelijke oorzaak van een BLEVE is een mechanische impact (bijvoorbeeld een botsing), waardoor de tankwand bezwijkt (**koude BLEVE**). De druk waarbij de stof vrijkomt kan lager zijn dan in geval van een brand.

In het navolgende schema staat het effect samengevat.



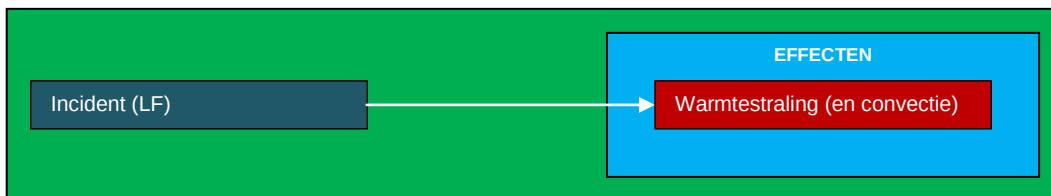
Figuur B.5: Fysische effecten van brandbare gassen.

❖ Ongevalscenario's met brandbare vloeistoffen

De gevolgen van het vrijkomen van brandbare vloeistoffen worden in eerste instantie bepaald door de plasgrootte en of er al dan niet ontsteking van de gevormde vloeistofplas plaatsvindt. Voorbeeld van zeer brandbare vloeistoffen die langs Woerden vervoerd worden zijn koolwaterstoffen zoals benzine. De volgende ongevalscenario's kunnen optreden op het spoor langs Woerden:

- ❖ *Plasbrand*, bij het continu vrijkomen van een brandbaar vloeistof uit een gat in de tank zal zich bij een ontsteking een plasbrand vormen. De fysische effecten van brandbare vloeistoffen zijn voornamelijk **warmtestraling en convectie**.

In het navolgende schema staat het effect samengevat.



Figuur B.6: Fysische effecten van brandbare vloeistoffen.

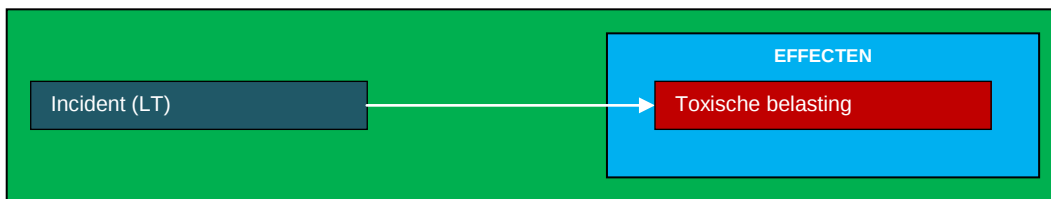
In zijn algemeenheid kan worden gesteld dat de schadeontwikkeling bij het vrijkomen van brandbare vloeistoffen een plasbrand met een oppervlak van 300 of 600 m² is.

❖ Ongevalscenario's met toxische vloeistoffen

Een toxische vloeistof komt op eenzelfde wijze vrij als een brandbare vloeistof. In dit geval is de damp die ontstaat uit de plas echter toxisch. Sommige toxische vloeistoffen zijn ook brandbaar. Indien deze stoffen ontstoken worden, zullen de stoffen verbranden waardoor er ook schade ontstaat door warmtestraling. Deze schade is kleiner dan de schade die ontstaat wanneer mensen worden blootgesteld aan de toxische belasting. Daarom wordt bij de toxische brandbare vloeistoffen (/gassen) alleen gekeken naar de toxische belasting. De gevolgen van het vrijkomen van toxische vloeistoffen worden bepaald door de plasgrootte. De volgende ongevalscenario's kunnen optreden op het spoor langs Woerden:

- ❖ *vrijkomen toxische vloeistof en damp*. Bij het vrijkomen van een toxische vloeistof uit een gat in de tank zal zich een toxische wolk vormen. Het fysische effect van toxische vloeistoffen is dus **toxische belasting**.

In navolgend schema staat het effect samengevat.



Figuur B.7: Fysische effecten van toxische gassen.

Bij toxische vloeistoffen is de toxische belasting en de blootstelling (tijdsduur) aan deze stof van belang. Deze wordt veroorzaakt door de damp die vrijkomt en is afhankelijk van de grootte van de plas. De 1%-letaliteitsgrens is ongeveer vergelijkbaar met dat van een plasbrand. Bij toxische vloeistoffen wordt een onderscheid gemaakt tussen toxische vloeistoffen en zeer toxische vloeistoffen.

❖ *Ongevalscenario's met toxische gassen*

Bij het vrijkomen van toxische gassen (afhankelijk van de stof zwaarder (chloor) of lichter dan lucht (ammoniak)) zijn een tweetal uitstroombesonderheden mogelijk, instantaan en continue. De 1%-letaliteitsgrens van een toxisch gas is groter dan dat van een toxische vloeistof. De volgende ongevalscenario's kunnen optreden op het spoor langs Woerden:

- ❖ *vrijkomen toxisch gas* De verschillende mogelijkheden waarop het gas vrijkomt zijn vergelijkbaar als bij brandbare gassen, met het verschil dat de ontsteking hierbij niet van belang is. Bij toxische gassen is de **toxische belasting** (de concentratie van de stof in de lucht) en de blootstelling (tijdsduur) aan deze stof van belang.

De effecten met ongevalscenario's met toxische gassen zijn conform figuur B.7. Echter, voor deze studie minder relevant, omdat deze niet worden vervoerd.

Bijlage 5: Methodiek voor de bepaling van de kosteneffectiviteit van maatregelen***Inleiding***

Om de effectiviteit van maatregelen te bepalen, is de verwachtingswaarde van dodelijke slachtoffers beschouwd. Het proefschrift van Suddle (2004) stelt voor om deze benaderingswijze toe te passen in RO-projecten. Hiermee kan de noodzaak voor het treffen van maatregelen vanuit een economisch perspectief geschieden. Daar waar deze methodiek voornamelijk een wetenschappelijke theorie was, wordt in dit project deze methodiek binnen het externe veiligheidsdomein voor het eerst toegepast. De methodiek bestaat uit een vijftal stappen:

1. ontleding van de FN-Curve;
2. bepaling van het aantal dodelijke slachtoffers in de beginsituatie;
3. bepaling risicoreducerend effect van maatregelen;
4. bepaling van de kosten van maatregelen;
5. bepaling kosteneffectiviteit van maatregelen.

Deze methodiek is gestoeld op de kwantitatieve risicobenadering, waarbij de combinatie van kansen en effecten van ongevallen met elkaar worden gewogen. De verwachtingswaarde van dodelijke slachtoffers is hierbij het uitgangspunt. In deze bijlage wordt ingegaan op deze methodiek. Als eerste wordt de achtergrond van de verwachtingswaarde van dodelijke slachtoffers uitgelegd.

Achtergrond van de verwachtingswaarde van dodelijke slachtoffers

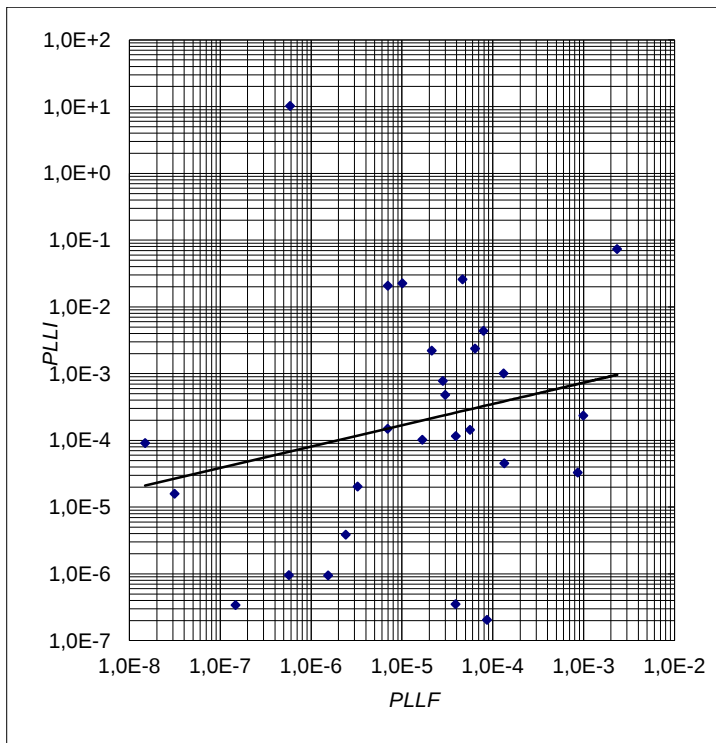
De koppeling tussen de grootheden plaatsgebonden- en groepsrisico en de verwachtingswaarde van het aantal doden per jaar als gevolg van een ongeval wordt in de internationale literatuur mondjesmaat gedaan. Voorbeelden van wetenschappelijke artikelen, papers of rapporten die de koppeling maken zijn bijvoorbeeld Ale *et al.*, (1996a, 1996b), Alp and Zelensky (1994), Ball & Floyd (1998), CIB (2001), Francis *et al.* (1999), Jonkman (2007), Trbojevic (2004, 2006), Suddle (2004), Vrijling & van Gelder (2000).

Deze benaderingswijze en koppeling zijn tot op heden niet opgenomen in (Nederlandse) wetgeving of handreikingen. In de studie Wiersma *et al.* (2004) wordt voor het eerst ingegaan op het kwalitatief inzicht van het risicoreducerend effect van maatregelen. Echter, om de kosteneffectiviteit van maatregelen te bepalen, is dit inzicht slechts niet meer dan een bescheiden hulpmiddel. Het proefschrift van Suddle (2004) gaat een stap verder: Suddle (2004) behandelt een semikwantitatief inzicht van het risicoreducerend effect en de kosteneffectiviteit van maatregelen bij meervoudig ruimtegebruik. De methodiek die in voorliggend rapport wordt toegepast, bevat de uitwerking van de methodiek van Suddle (2004).

In de internationale literatuur gaat bijvoorbeeld Ale *et al.* (1996a) in op een methodiek om te komen tot de verwachtingswaarde voor de dodelijke slachtoffers. Ale *et al.* (1996a) beschrijft de generieke groepsrisicomethodiek die is ontwikkeld voor de lokale 'ruimtelijke ordening autoriteiten' voor het inschatten van het effect op het groepsrisico van bouwplannen langs het transport van gevaarlijke stoffen.

De methode is gebaseerd op de relatie die in de praktijk bestaat tussen de verwachtingswaarde van het aantal doden per jaar en de overschrijding van de groepsrisicolimiet. De verwachtingswaarde van het aantal doden per jaar wordt ook wel aangeduid met Potential Loss of Life (PLL).

Het PLL is direct gerelateerd aan het PLL verkregen uit zowel het plaatsgebonden risico (PLLI) als het groepsrisico (PLL_F). Echter, volgens Ale *et al.* (1996a) bestaat er verschil tussen het PLL verkregen uit het plaatsgebonden risico en het groepsrisico. Het verschil tussen die waarden heeft voornamelijk betrekking op de gebruikte software en de initiële condities voor een QRA. Zo wordt ten aanzien van de plaatsgebonden risicocontour geen rekening gehouden met omgevingsfactoren, terwijl deze wel degelijk invloed kunnen hebben op de verwachtingswaarde van dodelijke slachtoffers verkregen uit het plaatsgebonden risico en het groepsrisico. Dit is het geval bij het vrijkomen van toxische gassen. Het is noemenswaardig, omdat bij de bepaling van de risicoreductie van maatregelen een foutmarge wordt geïntroduceerd. Bij de onderlinge vergelijking van risicoreducerende maatregelen is dit niet van belang, omdat de fout systematisch voorkomt. Daarom wordt in het kader van dit rapport niet verder ingegaan op dat verschil.



Figuur B.8: het verschil tussen en correlatie van PLLI en PLLF (Ale *et al.*, 1996a)

De verwachtingswaarde van dodelijke slachtoffers op basis van PR

De verwachtingswaarde van dodelijke slachtoffers op basis van PR kan als volgt worden verkregen (Ale *et al.*, 1996a): laat PLLI de verwachtingswaarde zijn op basis van het plaatsgebonden risico (PR). Het plaatsgebonden risico is een ruimtelijk verdeelde grootheid en dus afhankelijk van de plaats. De plaats kan worden weergegeven door de coördinaten op een kaart: x, y . Het plaatsgebonden risico is dan $I(x, y)$. De bevolkingsdichtheid is ook afhankelijk van de plaats: $m(x, y)$. Met deze definities geldt voor de PLLI (volgens Ale *et al.*, 1996a):

$$PLLI = \int \int I(x, y) \cdot m(x, y) \, dx dy \quad (1)$$

PLLI Potential Loss of Life verkregen uit het PR

Suddle (2004) heeft hier de volgende (vereenvoudigde) functie uit afgeleid voor de verwachtingswaarde van dodelijke slachtoffers verkregen uit het PR. Deze benadering is toepasbaar voor de onderlinge vergelijking van maatregelen in het kader van de externe veiligheid bij het Campina Terrein, Woerden:

$$E(N_d) = P_{fi} \cdot P_{d|fi} \cdot N_{pi} \quad (2)$$

$$\text{En } E(N_d | F) = P_{d|fi} \cdot N_{pi} \quad (3)$$

Waarin:

P_{fi} is de kans op een ongeval in een jaar als gevolg van activiteit i (faalkans);

$P_{d|fi}$ is de kans op overlijden van een persoon na een ongeval;

N_{pi} is het aantal deelnemers aan activiteit i;

$E(N_d)$ is de verwachtingswaarde van het aantal doden in een jaar ten gevolge van een activiteit;

$E(N_d|F)$ is de verwachtingswaarde van het aantal doden in een jaar gegeven een ongeval, waarbij wordt aangenomen dat de kans op een ongeval F gelijk is aan 1.

Met de $E(N_d|F)$ wordt niet altijd gerekend, omdat de kans op een ongeval juist niet gelijk is aan 1. Het gebruiken van $E(N_d|F)$ is voornamelijk bedoeld om te bepalen hoeveel slachtoffers maximaal kunnen vallen bij een calamiteit.

De verwachtingswaarde van dodelijke slachtoffers op basis van GR

De verwachtingswaarde van het aantal doden per jaar kan ook uit het groepsrisico worden gevonden als volgt (volgens Ale et al., 1996a):

Laat $F(N)$ de kans zijn op N of meer slachtoffers; laat $PLL F$ de verwachtingswaarde zijn van het aantal doden per jaar berekend uit het groepsrisico en laat $P(N)$ de kans zijn op precies N doden.

Dan geldt:

$$P(N) = F(N) - F(N + 1) \quad (4)$$

En

$$PLL F = \sum_{N=1}^{\infty} N \cdot P(N) = \sum_{N=1}^{\infty} N \cdot [F(N) - F(N + 1)] \quad (5)$$

Waarin:

$PLL F$ PLL berekend uit de F-N curve (op basis van het GR).

Deze twee uitdrukkingen kunnen worden vervangen door de volgende wiskundige benaderingen:

$$P(N) = - \frac{dF}{dN} \quad (6)$$

En

$$PLLF = - \int_1^{\infty} N \cdot \frac{dF}{dN} dN \quad (7)$$

Eenvoudig kan worden ingezien dat:

$$PLLF = F(1) + \int_1^{\infty} F dN \quad (8)$$

Suddle (2004) heeft er ook voor deze benadering de volgende (vereenvoudigde) functie uit afgeleid voor de verwachtingswaarde van dodelijke slachtoffers verkregen uit het GR. De vereenvoudiging heeft voornamelijk betrekking op de meeweging van de kansdichtheidsfunctie f_N in plaats van alleen de meeweging van de cumulatieve verdelingsfunctie van de dodelijke slachtoffers F_N . Deze benadering is eveneens toepasbaar bij Campina Terrein Woerden:

$$E(N_d) = \sum_{N=1}^{\infty} f_N N = \sum_{N=1}^{\infty} (F_N - F_{N+1}) N \quad (9)$$

Waarin:

F_N de cumulatieve verdelingsfunctie is van de dodelijke slachtoffers, ofwel de waarde van F in de F-N curve bij N doden;

f_N de kansdichtheidsfunctie is van de dodelijke slachtoffers N.

Stap 1: ontleding van de FN-curve

Voor de ontleding van de FN-curve moet het aantal aanwezigen in het invloedsgebied en de ongevalfrequenties van de getransporteerde gevaarlijke stoffen worden bepaald.

Stap 2: bepaling van het verwachte aantal dodelijke slachtoffers in beginsituatie

Voor de bepaling van het verwachte aantal dodelijke slachtoffers in de beginsituatie wordt gebruik gemaakt van de verwachtingswaarde van dodelijke slachtoffers, zoals eerder beschreven.

Stap 3: risicoreducerend effect van maatregelen

Het risicoreducerend effect van maatregelen kan bepaald worden door de reductie in (1) de kans en/of (2) het effect van een ongeval door de getroffen maatregel te bepalen. Hiervoor dient de originele risicoanalyse beschouwd en eventueel te worden ontleed, volgens stap 1. Vervolgens moet de kans- en/of de effectreductie bepaald worden per maatregel. Aan de hand hiervan kan de $E(N_d)$ van die maatregel bepaald worden. In wiskundige termen gaat dit als volgt:



$$R = \sum_{i=1} P_{f_i} \cdot C_{f_i} \quad (10)$$

Waarin:

R is het risico van een bepaalde activiteit.

Het risicoreducerend effect is dan als volgt te bepalen:

$$\Delta R_i = \frac{\partial R_i}{\partial P_{f_i}} \Delta P_{f_i} + \frac{\partial R_i}{\partial C_{f_i}} \Delta C_{f_i} \quad (11)$$

$$\Delta R_i = C_{f_i} \cdot \Delta P_{f_i} + P_{f_i} \cdot \Delta C_{f_i} \quad (12)$$

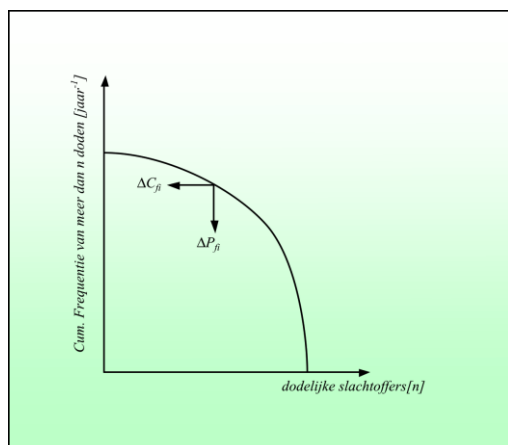
ΔR_i = risicoreducerend effect van een maatregel [doden jaar⁻¹];

ΔC_{f_i} = effectreductie [doden];

ΔP_{f_i} = kansreductie [jaar⁻¹].

In de FN-curve is dit effect schematisch weergegeven in figuur B.9.

De PLLF, ofwel de verwachte dodelijke slachtoffers $E(N_d)$ verkregen uit het groepsrisico, is niet altijd even gemakkelijk af te leiden, omdat de cumulatieve verdelingsfunctie van de dodelijke slachtoffers (F_N en F_{N+1}) niet bekend en/of zichtbaar is. Echter, de kansdichtheidsfunctie van de dodelijke slachtoffers f_N is deels wel zichtbaar, omdat de ongevalfrequenties van transport met gevaarlijke stoffen bekend zijn. Bovendien kan eenvoudig de kans op overlijden van een persoon gegeven een bepaald ongeval $P_{d|fi}$ worden bepaald. Derhalve is in het onderhavige onderzoek gekozen om de verwachte dodelijke slachtoffers $E(N_d)$ te bepalen uit het plaatsgebonden risico. Deze methodiek is deels ook gerelateerd aan de verwachte dodelijke slachtoffers $E(N_d)$ uit het groepsrisico, met name als het gaat om de kansdichtheidsfunctie van de dodelijke slachtoffers f_N .



Figuur B.9: risicoreducerend effect van maatregelen geschematiseerd volgens Suddle (2004).

Aangezien in deze studie voornamelijk (steden)bouwkundige maatregelen – effectmaatregelen aan de effectzijde – worden beschouwd, is het van belang om de factor voor de ΔC_{fi} (effectreductie) te bepalen. In dat geval kan de kansreductie ΔP_{fi} worden verwaarloosd in de formule (12). Vervolgens kan ΔR_i vervangen worden door $\Delta E(N_d)_i$. Door de introductie van de λ_j , ofwel de risicoreductiefactor van maatregel j, kunnen de verwachte dodelijke slachtoffers van maatregelen bepaald worden. De keuze voor λ_j is een strategische: de λ_j kan effect hebben op de kans of juist het effect van een ongeval. Hiermee kan de risicoreductie van een bepaald ongeval toegerekend worden aan de kans (ongevalfrequentie), of juist het gevolg van een ongeval (dodelijke slachtoffers). Dit levert de volgende vergelijkingen op voor de verwachtingswaarde van dodelijke slachtoffers voor maatregel j tegen scenario i:

$$E(N_d)_{ij} = \sum_{j=1} \sum_{i=1} \lambda_j \cdot P_{fi} \cdot C_{fi} \quad (13)$$

Waarin:

λ_j de risicoreductiefactor is van maatregel j.

Door deze vergelijking te substitueren in respectievelijk (9) en (2) ontstaan de volgende vergelijkingen:

$$E(N_d)_{ij} = \sum_{i=1} \sum_{N=1}^{\infty} \lambda_j f_N N \quad (14)$$

Of

$$E(N_d)_{ij} = \sum_{j=1} \sum_{i=1} \lambda_j P_{fi} \cdot P_{d|fi} \cdot N_{pi} \quad (15)$$

Waarin:

$E(N_d)_{ij}$ de verwachtingswaarde is van het aantal doden in een jaar ten gevolge van een activiteit en maatregel j en scenario i;

De risicoreductie of het risicoreducerend effect van een maatregel j kan nu eenvoudig worden bepaald met:

$$\Delta E(N_d)_{ij} = E(N_d)_0 - E(N_d)_{ij} \quad (16)$$

Waarin:

$E(N_d)_0$ de verwachtingswaarde is van het aantal doden in een jaar ten gevolge van een activiteit zonder maatregelen, oftewel de initiële situatie.

Bepaling risicoreductiefactor λ_j per maatregel

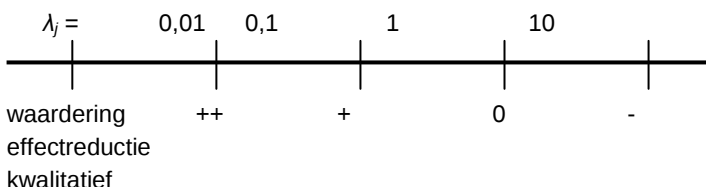
Aangezien tot op heden nauwelijks onderzoek is gedaan op het gebied van effectiviteit c.q. risicoreductie van maatregelen, worden λ_j van verschillende maatregelen bepaald op basis van een engineering judgement.

Deze is o.m. aan bod gekomen in het proefschrift Suddle (2004), de wetenschappelijke paper van Suddle *et al.* (2005) en het TNO rapport van Wiersma *et al.* (2004). Deze referenties hebben de λ_j (de risicoreductiefactor van maatregel j) semikwantitatief bepaald voor meerdere scenario's met transport van gevaarlijke stoffen. Een exactere waardering van λ_j kan bijvoorbeeld op basis van probit-relaties en belastingreductie van het effect, zoals warmtestraling, piekoverdruk en toxiciteit, worden bepaald. Tevens kan een expertmeeting georganiseerd worden om de λ_j te bepalen. Echter, in het kader van dit (semikwantitatief) onderzoek, is dat niet relevant en toereikend. Bovendien zou voor een dergelijk fundamenteel onderzoek een lange onderzoekstijd (3–5 jaar) en een groot onderzoeksteam (3–5 mensen) nodig zijn. Voor de onderlinge vergelijking van maatregelen is een dergelijke opzet niet essentieel. Eventuele 'error's' in de bepaling van risicoreductie λ_j mogen best voorkomen, indien deze structureel en systematisch voorkomen.

Bij de bepaling van λ_j kan gebruik gemaakt worden van de volgende correlatie:

0% effectreductie → komt overeen met $\lambda_j = 1$;
100% effectreductie → komt overeen met $\lambda_j = 0$.

Hiertussen wordt op basis van een logaritmische schaal in relatie tot effecten van maatregelen van de λ_j bepaald. Dit gaat grofweg als volgt:



Dit levert de volgende kentallen op:

++ effectreductie → $\lambda_j = 0.01$
+ effectreductie → $\lambda_j = 0.1$
0 effectreductie → $\lambda_j = 1$
- effectreductie → $\lambda_j = 10$

Bij een negatief effect wordt eveneens de logaritmische schaal toegepast. Hierbij is de λ_j natuurlijk groter dan 1. Dit betekent dat een negatief effect van een maatregel overeenkomt met een λ_j van 10.

Stap 4: bepaling kosten van maatregelen

Per maatregel zijn de kosten ingeschat in bijlage 8.

Stap 5: kosteneffectiviteit van maatregelen

Nadat het risicoreducerend effect van een maatregel is bepaald, kan de vergelijking tussen risicoreducerend effect van een maatregel en de investeringen van de maatregel geschieden. Deze vergelijking wordt ook wel de kosteneffectiviteit van maatregelen genoemd. In zijn algemeenheid kan de kosteneffectiviteit van maatregelen op twee manieren worden weergegeven:

1. Kosteneffectiviteitsdiagram

Bij deze wijze wordt het risicoreducerend effect $E(N_d)$ uitgezet tegen de kosten van de maatregel C_0 door middel van een scatter-diagram. Deze methode is in het proefschrift van Suddle (2004) uitgewerkt.

2. Relativering van maatregelen

Bij deze wijze wordt het risicoreducerend effect van een maatregel bepaald aan de hand van de volgende vergelijking (volgens Suddle, 2004 en Vrijling & van Gelder, 2000):

$$\alpha_j = \frac{C_{0,j}}{\Delta E(N_d)_{ij}} = CSX \quad (17)$$

Waarin:

- α_j de monetaire waarde is voor het besparen van een mensenleven voor de maatregel j;
- $C_{0,j}$ de investeringswaarde is voor maatregel j;
- CSX de kosten zijn van een bespaard extra statistisch mensenleven.

De resultaten van bovenstaande benaderingen geven een ander inzicht. De eerste wijze heeft vooral betrekking op de totale beeldvorming, waarin de correlatie tussen de investeringen en het risicoreducerend effect van maatregelen is weergegeven door middel van een scatter-diagram. De tweede benadering heeft voornamelijk betrekking op het expliciet weergeven van de investeringskosten per maatregel per bespaard statistisch mensenleven. Opgemerkt moet worden, dat de tweede werkwijze bekritiseerd en zelfs afgewezen is door verschillende wetenschappers, omdat deze werkwijze op ethische gronden niet toegepast kan worden. Desalniettemin wordt deze wijze regelmatig toegepast in het bepalen van kosteneffectieve maatregelen in de verkeersveiligheid. Voor het afwegen van maatregelen is de eerste benadering voor het Campina Terrein Woerden in dit rapport uitgewerkt. De benadering voor investeringskosten per bespaard statistisch mensenleven is derhalve niet verder uitgewerkt.

Bijlage 6: De bepaling van het risicoreducerend effect van maatregelen

Bepaling van de verwachtingswaarde van dodelijke slachtoffers bij Campina zonder maatregelen

Voor de bepaling van het aantal aanwezigen in het invloedsgebied is het plan Campina Terrein opgedeeld in twee stroken. De $E(N_d)_0$ is de sommatie van de verwachtingswaarde voor beide stroken (voor alle scenario's) en kan als volgt worden weergegeven:

$$E(N_d)_0 = E(N_d)_{strook1} + E(N_d)_{strook2} \quad (18)$$

Oftewel:

$$E(N_d)_0 = E(N_d)_{strook1,dag} + E(N_d)_{strook1,nacht} + E(N_d)_{strook2,dag} + E(N_d)_{strook2,nacht} \quad (19)$$

Uitgewerkt levert dit de volgende vergelijking op, waarbij P_{fi} constant is:

$$E(N_d)_0 = \sum_{i=1} P_{fi} \left\{ (P_{d|fi} \cdot N_{pi})_{strook1,dag} + (P_{d|fi} \cdot N_{pi})_{strook1,nacht} + (P_{d|fi} \cdot N_{pi})_{strook2,dag} + (P_{d|fi} \cdot N_{pi})_{strook2,nacht} \right\} \quad (20)$$

Waarin:

$E(N_d)_0$ de verwachtingswaarde is van het aantal doden in een jaar ten gevolge van een activiteit zonder maatregelen;

P_{fi} de kans is op een ongeval in een jaar als gevolg van activiteit i (faalfrequentie);

$P_{d|fi}$ de conditionele kans op overlijden is van een persoon na een ongeval. Deze kans is afhankelijk van de letaliteitsgrenzen van de ongevalsscenario's;

N_{pi} het aantal deelnemers is aan activiteit i, volgend uit de figuur 5.

Bepaling van de verwachtingswaarde van dodelijke slachtoffers bij Campina met maatregelen

De verwachtingswaarde van het aantal dodelijke slachtoffers per maatregel kan nu met de volgende vergelijking bepaald worden:

$$E(N_d)_{ij} = \sum_{i=1} P_{fi} \left\{ \lambda_{j,strook1} ((P_{d|fi} \cdot N_{pi})_{strook1,dag} + (P_{d|fi} \cdot N_{pi})_{strook1,nacht}) + \lambda_{j,strook2} ((P_{d|fi} \cdot N_{pi})_{strook2,dag} + (P_{d|fi} \cdot N_{pi})_{strook2,nacht}) \right\} \quad (21)$$

Dit is een uitwerking van vergelijking (15), waarin:

$\lambda_{j,strook1}$ de effectreductie is voor strook 1;

$\lambda_{j,strook2}$ de effectreductie is voor strook 2.

De risicoreductiefactor per maatregel is in bijlage 7 weergegeven.

Bijlage 7: Factoren risicoreductie van maatregelen

Maatregel 0:

id	sc_nr	effecten	stofcat	$\lambda_{str 1}$	$\lambda_{str 2}$
3	1	warmte straling	A	1	1
4	2	warmte straling	A	1	1
5	3	warmte straling	A	1	1
6	4	warmte straling	A	1	1
7	5	piek overdruk	A	1	1
16	6	warmte straling	A	1	1
17	7	piek overdruk	A	1	1
1	8	warmte straling	C3	1	1
2	9	warmte straling	C3	1	1
12	10	toxische belasting	D3	1	1
13	11	toxische belasting	D3	1	1
14	12	toxische belasting	D4	1	1
15	13	toxische belasting	D4	1	1
8	14	toxische belasting	B2	1	1
9	15	toxische belasting	B2	1	1
10	16	toxische belasting	B3	1	1
11	17	toxische belasting	B3	1	1

Maatregel 1D:

id	sc_nr	effecten	stofcat	$\lambda_{str 1}$	$\lambda_{str 2}$
3	1	warmte straling	A	1	1
4	2	warmte straling	A	1	1
5	3	warmte straling	A	1	1
6	4	warmte straling	A	1	1
7	5	piek overdruk	A	1	1
16	6	warmte straling	A	1	1
17	7	piek overdruk	A	1	1
1	8	warmte straling	C3	0,1	1
2	9	warmte straling	C3	0,3	1
12	10	toxische belasting	D3	0,3	1
13	11	toxische belasting	D3	0,7	1
14	12	toxische belasting	D4	0,3	1
15	13	toxische belasting	D4	0,7	1
8	14	toxische belasting	B2	1	1
9	15	toxische belasting	B2	1	1
10	16	toxische belasting	B3	1	1
11	17	toxische belasting	B3	1	1

Maatregel 2D:

id	sc_nr	effecten	stofcat	$\lambda_{str 1}$	$\lambda_{str 2}$
3	1	warmte straling	A	1	1
4	2	warmte straling	A	1	1
5	3	warmte straling	A	1	1
6	4	warmte straling	A	1	1
7	5	piek overdruk	A	1	1
16	6	warmte straling	A	1	1
17	7	piek overdruk	A	1	1
1	8	warmte straling	C3	0,01	0,001
2	9	warmte straling	C3	0,1	0,01
12	10	toxische belasting	D3	0,01	0,001
13	11	toxische belasting	D3	0,1	0,01
14	12	toxische belasting	D4	0,1	0,1
15	13	toxische belasting	D4	0,1	0,1
8	14	toxische belasting	B2	1	1
9	15	toxische belasting	B2	1	1
10	16	toxische belasting	B3	1	1
11	17	toxische belasting	B3	1	1

Maatregel 3D:

id	sc_nr	effecten	stofcat	$\lambda_{str 1}$	$\lambda_{str 2}$
3	1	warmte straling	A	1	1
4	2	warmte straling	A	1	1
5	3	warmte straling	A	1	1
6	4	warmte straling	A	1	1
7	5	piek overdruk	A	1	1
16	6	warmte straling	A	1	1
17	7	piek overdruk	A	1	1
1	8	warmte straling	C3	0,01	0,001
2	9	warmte straling	C3	0,1	0,01
12	10	toxische belasting	D3	0,01	0,001
13	11	toxische belasting	D3	0,1	0,01
14	12	toxische belasting	D4	0,1	0,1
15	13	toxische belasting	D4	0,1	0,1
8	14	toxische belasting	B2	1	1
9	15	toxische belasting	B2	1	1
10	16	toxische belasting	B3	1	1
11	17	toxische belasting	B3	1	1

Maatregel 4A:

id	sc_nr	effecten	stofcat	$\lambda_{str\ 1}$	$\lambda_{str\ 2}$
3	1	warmte straling	A	0,1	1
4	2	warmte straling	A	0,1	1
5	3	warmte straling	A	0,1	1
6	4	warmte straling	A	1	1
7	5	piek overdruk	A	1	1
16	6	warmte straling	A	1	1
17	7	piek overdruk	A	1	1
1	8	warmte straling	C3	0,01	1
2	9	warmte straling	C3	0,1	1
12	10	toxische belasting	D3	1	1
13	11	toxische belasting	D3	1	1
14	12	toxische belasting	D4	1	1
15	13	toxische belasting	D4	1	1
8	14	toxische belasting	B2	1	1
9	15	toxische belasting	B2	1	1
10	16	toxische belasting	B3	1	1
11	17	toxische belasting	B3	1	1

Maatregel 4B:

id	sc_nr	effecten	stofcat	$\lambda_{str\ 1}$	$\lambda_{str\ 2}$
3	1	warmte straling	A	0,1	0,1
4	2	warmte straling	A	0,1	0,1
5	3	warmte straling	A	0,1	0,1
6	4	warmte straling	A	1	0,3
7	5	piek overdruk	A	1	1
16	6	warmte straling	A	1	0,5
17	7	piek overdruk	A	1	1
1	8	warmte straling	C3	0,01	0,001
2	9	warmte straling	C3	0,1	0,01
12	10	toxische belasting	D3	1	1
13	11	toxische belasting	D3	1	1
14	12	toxische belasting	D4	1	1
15	13	toxische belasting	D4	1	1
8	14	toxische belasting	B2	1	1
9	15	toxische belasting	B2	1	0,3
10	16	toxische belasting	B3	1	0,5
11	17	toxische belasting	B3	1	1

Maatregel 5:

id	sc_nr	effecten	stofcat	$\lambda_{str 1}$	$\lambda_{str 2}$
3	1	warmte straling	A	0,1	1
4	2	warmte straling	A	0,1	1
5	3	warmte straling	A	0,1	1
6	4	warmte straling	A	1	1
7	5	piek overdruk	A	1	1
16	6	warmte straling	A	1	1
17	7	piek overdruk	A	1	1
1	8	warmte straling	C3	0,01	1
2	9	warmte straling	C3	0,1	1
12	10	toxische belasting	D3	1	1
13	11	toxische belasting	D3	1	1
14	12	toxische belasting	D4	1	1
15	13	toxische belasting	D4	1	1
8	14	toxische belasting	B2	0,1	0,3
9	15	toxische belasting	B2	1	1
10	16	toxische belasting	B3	1	1
11	17	toxische belasting	B3	1	1

Maatregel 6:

id	sc_nr	effecten	stofcat	$\lambda_{str 1}$	$\lambda_{str 2}$
3	1	warmte straling	A	0,5	1
4	2	warmte straling	A	0,5	1
5	3	warmte straling	A	0,5	1
6	4	warmte straling	A	1	1
7	5	piek overdruk	A	1	1
16	6	warmte straling	A	1	1
17	7	piek overdruk	A	1	1
1	8	warmte straling	C3	0,1	1
2	9	warmte straling	C3	0,5	1
12	10	toxische belasting	D3	1	1
13	11	toxische belasting	D3	1	1
14	12	toxische belasting	D4	1	1
15	13	toxische belasting	D4	1	1
8	14	toxische belasting	B2	1	1
9	15	toxische belasting	B2	1	1
10	16	toxische belasting	B3	1	1
11	17	toxische belasting	B3	1	1

Maatregel 7:

id	sc_nr	effecten	stofcat	$\lambda_{str\ 1}$	$\lambda_{str\ 2}$
3	1	warmte straling	A	0,1	1
4	2	warmte straling	A	0,1	1
5	3	warmte straling	A	0,1	1
6	4	warmte straling	A	1	1
7	5	piek overdruk	A	1	1
16	6	warmte straling	A	0,9	0,7
17	7	piek overdruk	A	1	1
1	8	warmte straling	C3	0,01	1
2	9	warmte straling	C3	0,1	1
12	10	toxische belasting	D3	0,1	1
13	11	toxische belasting	D3	0,3	1
14	12	toxische belasting	D4	1	1
15	13	toxische belasting	D4	1	1
8	14	toxische belasting	B2	0,1	0,9
9	15	toxische belasting	B2	1	1
10	16	toxische belasting	B3	1	1
11	17	toxische belasting	B3	1	1

Maatregel 8A:

id	sc_nr	effecten	stofcat	$\lambda_{str\ 1}$	$\lambda_{str\ 2}$
3	1	warmte straling	A	1	1
4	2	warmte straling	A	1	1
5	3	warmte straling	A	1	1
6	4	warmte straling	A	2	1
7	5	piek overdruk	A	1	1
16	6	warmte straling	A	2	1
17	7	piek overdruk	A	1	1
1	8	warmte straling	C3	1	1
2	9	warmte straling	C3	1	1
12	10	toxische belasting	D3	0,1	1
13	11	toxische belasting	D3	0,1	1
14	12	toxische belasting	D4	0,1	1
15	13	toxische belasting	D4	0,1	1
8	14	toxische belasting	B2	0,3	1
9	15	toxische belasting	B2	2	1
10	16	toxische belasting	B3	2	1
11	17	toxische belasting	B3	0,3	1

Maatregel 8B:

id	sc_nr	effecten	stofcat	$\lambda_{str\ 1}$	$\lambda_{str\ 2}$
3	1	warmte straling	A	1	1
4	2	warmte straling	A	1	1
5	3	warmte straling	A	1	1
6	4	warmte straling	A	1	1
7	5	piek overdruk	A	1	1
16	6	warmte straling	A	1	1
17	7	piek overdruk	A	1	1
1	8	warmte straling	C3	1	1
2	9	warmte straling	C3	1	1
12	10	toxische belasting	D3	0,3	1
13	11	toxische belasting	D3	0,3	1
14	12	toxische belasting	D4	0,3	1
15	13	toxische belasting	D4	0,3	1
8	14	toxische belasting	B2	0,7	1
9	15	toxische belasting	B2	0,7	1
10	16	toxische belasting	B3	0,7	1
11	17	toxische belasting	B3	0,7	1

Maatregel 8C:

id	sc_nr	effecten	stofcat	$\lambda_{str\ 1}$	$\lambda_{str\ 2}$
3	1	warmte straling	A	1	1
4	2	warmte straling	A	1	1
5	3	warmte straling	A	1	1
6	4	warmte straling	A	1	1
7	5	piek overdruk	A	1	1
16	6	warmte straling	A	1	1
17	7	piek overdruk	A	1	1
1	8	warmte straling	C3	1	1
2	9	warmte straling	C3	1	1
12	10	toxische belasting	D3	0,09	0,09
13	11	toxische belasting	D3	0,09	0,09
14	12	toxische belasting	D4	0,09	0,09
15	13	toxische belasting	D4	0,09	0,09
8	14	toxische belasting	B2	0,09	0,09
9	15	toxische belasting	B2	0,09	0,09
10	16	toxische belasting	B3	0,09	0,09
11	17	toxische belasting	B3	0,09	0,09

Maatregel 8D:

id	sc_nr	effecten	stofcat	$\lambda_{str\ 1}$	$\lambda_{str\ 2}$
3	1	warmte straling	A	0,1	1
4	2	warmte straling	A	0,1	1
5	3	warmte straling	A	0,1	1
6	4	warmte straling	A	1	1
7	5	piek overdruk	A	1	1
16	6	warmte straling	A	1	1
17	7	piek overdruk	A	1	1
1	8	warmte straling	C3	0,001	1
2	9	warmte straling	C3	0,01	1
12	10	toxische belasting	D3	0,1	1
13	11	toxische belasting	D3	0,1	1
14	12	toxische belasting	D4	0,1	1
15	13	toxische belasting	D4	0,1	1
8	14	toxische belasting	B2	0,3	1
9	15	toxische belasting	B2	0,3	1
10	16	toxische belasting	B3	0,3	1
11	17	toxische belasting	B3	0,3	1

Maatregel 9:

id	sc_nr	effecten	stofcat	$\lambda_{str\ 1}$	$\lambda_{str\ 2}$
3	1	warmte straling	A	1	1
4	2	warmte straling	A	1	1
5	3	warmte straling	A	1	1
6	4	warmte straling	A	1	1
7	5	piek overdruk	A	1	1
16	6	warmte straling	A	1	1
17	7	piek overdruk	A	1	1
1	8	warmte straling	C3	1	1
2	9	warmte straling	C3	1	1
12	10	toxische belasting	D3	0,9	0,1
13	11	toxische belasting	D3	0,9	0,1
14	12	toxische belasting	D4	0,9	0,1
15	13	toxische belasting	D4	0,9	0,1
8	14	toxische belasting	B2	2	1,2
9	15	toxische belasting	B2	2	1,2
10	16	toxische belasting	B3	0,1	0,01
11	17	toxische belasting	B3	0,1	0,01

Maatregel 10:

id	sc_nr	effecten	stofcat	$\lambda_{str\ 1}$	$\lambda_{str\ 2}$
3	1	warmte straling	A	1	1
4	2	warmte straling	A	1	1
5	3	warmte straling	A	1	1
6	4	warmte straling	A	1	1
7	5	piek overdruk	A	1	1
16	6	warmte straling	A	1	1
17	7	piek overdruk	A	1	1
1	8	warmte straling	C3	1	1
2	9	warmte straling	C3	1	1
12	10	toxische belasting	D3	0,1	0,01
13	11	toxische belasting	D3	0,1	0,01
14	12	toxische belasting	D4	0,1	0,01
15	13	toxische belasting	D4	0,1	0,01
8	14	toxische belasting	B2	0,1	0,01
9	15	toxische belasting	B2	0,1	0,01
10	16	toxische belasting	B3	0,1	0,01
11	17	toxische belasting	B3	0,1	0,01

Maatregel 11:

id	sc_nr	effecten	stofcat	$\lambda_{str\ 1}$	$\lambda_{str\ 2}$
3	1	warmte straling	A	1	1
4	2	warmte straling	A	1	1
5	3	warmte straling	A	1	1
6	4	warmte straling	A	1	1
7	5	piek overdruk	A	1	1
16	6	warmte straling	A	1	1
17	7	piek overdruk	A	1	1
1	8	warmte straling	C3	1	1
2	9	warmte straling	C3	1	1
12	10	toxische belasting	D3	0,01	0,01
13	11	toxische belasting	D3	0,01	0,01
14	12	toxische belasting	D4	0,01	0,01
15	13	toxische belasting	D4	0,01	0,01
8	14	toxische belasting	B2	0,01	0,01
9	15	toxische belasting	B2	0,01	0,01
10	16	toxische belasting	B3	0,01	0,01
11	17	toxische belasting	B3	0,01	0,01

Maatregel 13C:

id	sc_nr	effecten	stofcat	$\lambda_{str\ 1}$	$\lambda_{str\ 2}$
3	1	warmte straling	A	1	1
4	2	warmte straling	A	1	1
5	3	warmte straling	A	1	1
6	4	warmte straling	A	0,5	0,05
7	5	piek overdruk	A	1	1
16	6	warmte straling	A	0,7	0,07
17	7	piek overdruk	A	1	1
1	8	warmte straling	C3	1	1
2	9	warmte straling	C3	1	1
12	10	toxische belasting	D3	1	1
13	11	toxische belasting	D3	1	1
14	12	toxische belasting	D4	1	1
15	13	toxische belasting	D4	1	1
8	14	toxische belasting	B2	1	1
9	15	toxische belasting	B2	0,5	0,05
10	16	toxische belasting	B3	0,7	0,07
11	17	toxische belasting	B3	1	1

Maatregel 13D:

id	sc_nr	effecten	stofcat	$\lambda_{str\ 1}$	$\lambda_{str\ 2}$
3	1	warmte straling	A	0,1	0,01
4	2	warmte straling	A	0,1	0,01
5	3	warmte straling	A	0,1	0,01
6	4	warmte straling	A	0,1	0,01
7	5	piek overdruk	A	1	1
16	6	warmte straling	A	0,1	0,01
17	7	piek overdruk	A	1	1
1	8	warmte straling	C3	0,001	0,0001
2	9	warmte straling	C3	0,01	0,0001
12	10	toxische belasting	D3	0,1	0,01
13	11	toxische belasting	D3	0,1	0,01
14	12	toxische belasting	D4	0,1	0,01
15	13	toxische belasting	D4	0,1	0,01
8	14	toxische belasting	B2	0,1	0,01
9	15	toxische belasting	B2	0,1	0,01
10	16	toxische belasting	B3	0,1	0,01
11	17	toxische belasting	B3	0,1	0,01

Maatregel 14A:

id	sc_nr	effecten	stofcat	$\lambda_{str\ 1}$	$\lambda_{str\ 2}$
3	1	warmte straling	A	0,1	1
4	2	warmte straling	A	0,1	1
5	3	warmte straling	A	0,1	1
6	4	warmte straling	A	0,1	1
7	5	piek overdruk	A	1	1
16	6	warmte straling	A	0,1	1
17	7	piek overdruk	A	1	1
1	8	warmte straling	C3	0,1	1
2	9	warmte straling	C3	0,1	1
12	10	toxische belasting	D3	0,1	1
13	11	toxische belasting	D3	0,1	1
14	12	toxische belasting	D4	0,1	1
15	13	toxische belasting	D4	0,1	1
8	14	toxische belasting	B2	0,1	1
9	15	toxische belasting	B2	0,1	1
10	16	toxische belasting	B3	0,1	1
11	17	toxische belasting	B3	0,1	1

Maatregel 14B:

id	sc_nr	effecten	stofcat	$\lambda_{str\ 1}$	$\lambda_{str\ 2}$
3	1	warmte straling	A	0,3	0,3
4	2	warmte straling	A	0,3	0,3
5	3	warmte straling	A	0,3	0,3
6	4	warmte straling	A	1	0,3
7	5	piek overdruk	A	1	1
16	6	warmte straling	A	1	0,5
17	7	piek overdruk	A	1	1
1	8	warmte straling	C3	0,1	0,01
2	9	warmte straling	C3	0,1	0,01
12	10	toxische belasting	D3	1	1
13	11	toxische belasting	D3	1	1
14	12	toxische belasting	D4	1	1
15	13	toxische belasting	D4	1	1
8	14	toxische belasting	B2	1	1
9	15	toxische belasting	B2	1	0,3
10	16	toxische belasting	B3	1	0,5
11	17	toxische belasting	B3	1	1

Maatregel 14C:

id	sc_nr	effecten	stofcat	$\lambda_{str 1}$	$\lambda_{str 2}$
3	1	warmte straling	A	0,1	1
4	2	warmte straling	A	0,1	1
5	3	warmte straling	A	0,1	1
6	4	warmte straling	A	1	1
7	5	piek overdruk	A	1	1
16	6	warmte straling	A	0,9	1
17	7	piek overdruk	A	1	1
1	8	warmte straling	C3	0,1	1
2	9	warmte straling	C3	0,1	1
12	10	toxische belasting	D3	1	1
13	11	toxische belasting	D3	1	1
14	12	toxische belasting	D4	1	1
15	13	toxische belasting	D4	1	1
8	14	toxische belasting	B2	1	1
9	15	toxische belasting	B2	1	1
10	16	toxische belasting	B3	1	1
11	17	toxische belasting	B3	1	1

Maatregel 15A:

id	sc_nr	effecten	stofcat	$\lambda_{str 1}$	$\lambda_{str 2}$
3	1	warmte straling	A	0,1	1
4	2	warmte straling	A	0,1	1
5	3	warmte straling	A	0,1	1
6	4	warmte straling	A	0,1	1
7	5	piek overdruk	A	1	1
16	6	warmte straling	A	0,1	1
17	7	piek overdruk	A	1	1
1	8	warmte straling	C3	0,1	1
2	9	warmte straling	C3	0,1	1
12	10	toxische belasting	D3	0,1	1
13	11	toxische belasting	D3	0,1	1
14	12	toxische belasting	D4	0,1	1
15	13	toxische belasting	D4	0,1	1
8	14	toxische belasting	B2	0,1	1
9	15	toxische belasting	B2	0,1	1
10	16	toxische belasting	B3	0,1	1
11	17	toxische belasting	B3	0,1	1

Maatregel 15b:

id	sc_nr	effecten	stofcat	$\lambda_{str 1}$	$\lambda_{str 2}$
3	1	warmte straling	A	0,1	0,1
4	2	warmte straling	A	0,5	0,5
5	3	warmte straling	A	0,8	0,8
6	4	warmte straling	A	1	1
7	5	piek overdruk	A	1	1
16	6	warmte straling	A	1	1
17	7	piek overdruk	A	1	1
1	8	warmte straling	C3	0,01	0,01
2	9	warmte straling	C3	0,1	0,1
12	10	toxische belasting	D3	1	1
13	11	toxische belasting	D3	1	1
14	12	toxische belasting	D4	1	1
15	13	toxische belasting	D4	1	1
8	14	toxische belasting	B2	1	1
9	15	toxische belasting	B2	1	1
10	16	toxische belasting	B3	1	1
11	17	toxische belasting	B3	1	1

Maatregel 16:

id	sc_nr	effecten	stofcat	$\lambda_{str 1}$	$\lambda_{str 2}$
3	1	warmte straling	A	0,1	1
4	2	warmte straling	A	0,1	1
5	3	warmte straling	A	0,1	1
6	4	warmte straling	A	1	1
7	5	piek overdruk	A	1	1
16	6	warmte straling	A	0,5	1
17	7	piek overdruk	A	1	1
1	8	warmte straling	C3	0,05	1
2	9	warmte straling	C3	0,1	1
12	10	toxische belasting	D3	0,05	1
13	11	toxische belasting	D3	0,1	1
14	12	toxische belasting	D4	0,05	1
15	13	toxische belasting	D4	0,1	1
8	14	toxische belasting	B2	1	1
9	15	toxische belasting	B2	1	1
10	16	toxische belasting	B3	1	1
11	17	toxische belasting	B3	0,9	1

Maatregel 17:

id	sc_nr	effecten	stofcat	$\lambda_{str\ 1}$	$\lambda_{str\ 2}$
3	1	warmte straling	A	0,1	1
4	2	warmte straling	A	0,1	1
5	3	warmte straling	A	0,1	1
6	4	warmte straling	A	1	1
7	5	piek overdruk	A	1	1
16	6	warmte straling	A	0,3	1
17	7	piek overdruk	A	1	1
1	8	warmte straling	C3	0,1	1
2	9	warmte straling	C3	0,1	1
12	10	toxische belasting	D3	0,1	1
13	11	toxische belasting	D3	0,1	1
14	12	toxische belasting	D4	0,1	1
15	13	toxische belasting	D4	0,1	1
8	14	toxische belasting	B2	0,09	1
9	15	toxische belasting	B2	1	1
10	16	toxische belasting	B3	0,3	1
11	17	toxische belasting	B3	0,3	1

Maatregel 18:

id	sc_nr	effecten	stofcat	$\lambda_{str\ 1}$	$\lambda_{str\ 2}$
3	1	warmte straling	A	1	1
4	2	warmte straling	A	1	1
5	3	warmte straling	A	1	1
6	4	warmte straling	A	1	1
7	5	piek overdruk	A	1	1
16	6	warmte straling	A	1	1
17	7	piek overdruk	A	1	1
1	8	warmte straling	C3	1	1
2	9	warmte straling	C3	1	1
12	10	toxische belasting	D3	0,1	0,1
13	11	toxische belasting	D3	0,1	0,1
14	12	toxische belasting	D4	0,1	0,1
15	13	toxische belasting	D4	0,1	0,1
8	14	toxische belasting	B2	0,1	0,1
9	15	toxische belasting	B2	1	0,1
10	16	toxische belasting	B3	1	0,1
11	17	toxische belasting	B3	0,1	0,1

Maatregel 19:

id	sc_nr	effecten	stofcat	$\lambda_{str 1}$	$\lambda_{str 2}$
3	1	warmte straling	A	0,1	0,1
4	2	warmte straling	A	0,1	0,1
5	3	warmte straling	A	0,1	0,1
6	4	warmte straling	A	1	1
7	5	piek overdruk	A	1	1
16	6	warmte straling	A	0,7	0,7
17	7	piek overdruk	A	1	1
1	8	warmte straling	C3	1	1
2	9	warmte straling	C3	1	1
12	10	toxische belasting	D3	0,1	0,1
13	11	toxische belasting	D3	0,1	0,1
14	12	toxische belasting	D4	0,1	0,1
15	13	toxische belasting	D4	0,1	0,1
8	14	toxische belasting	B2	0,1	0,1
9	15	toxische belasting	B2	1	1
10	16	toxische belasting	B3	0,7	0,7
11	17	toxische belasting	B3	0,1	0,1

Maatregel 20:

id	sc_nr	effecten	stofcat	$\lambda_{str 1}$	$\lambda_{str 2}$
3	1	warmte straling	A	0,1	0,1
4	2	warmte straling	A	0,1	0,1
5	3	warmte straling	A	0,1	0,1
6	4	warmte straling	A	1	1
7	5	piek overdruk	A	1	1
16	6	warmte straling	A	0,7	0,7
17	7	piek overdruk	A	1	1
1	8	warmte straling	C3	1	1
2	9	warmte straling	C3	1	1
12	10	toxische belasting	D3	0,1	0,1
13	11	toxische belasting	D3	0,1	0,1
14	12	toxische belasting	D4	0,1	0,1
15	13	toxische belasting	D4	0,1	0,1
8	14	toxische belasting	B2	0,1	0,1
9	15	toxische belasting	B2	1	0,1
10	16	toxische belasting	B3	0,7	0,7
11	17	toxische belasting	B3	0,1	0,1

Maatregel 21:

id	sc_nr	effecten	stofcat	$\lambda_{str 1}$	$\lambda_{str 2}$
3	1	warmte straling	A	0,1	0,1
4	2	warmte straling	A	0,1	0,1
5	3	warmte straling	A	0,1	0,1
6	4	warmte straling	A	1	1
7	5	piek overdruk	A	1	1
16	6	warmte straling	A	0,9	0,9
17	7	piek overdruk	A	1	1
1	8	warmte straling	C3	1	1
2	9	warmte straling	C3	1	1
12	10	toxische belasting	D3	0,1	0,1
13	11	toxische belasting	D3	0,1	0,1
14	12	toxische belasting	D4	0,1	0,1
15	13	toxische belasting	D4	0,1	0,1
8	14	toxische belasting	B2	0,1	0,1
9	15	toxische belasting	B2	0,1	0,1
10	16	toxische belasting	B3	0,1	0,1
11	17	toxische belasting	B3	0,1	0,1

Maatregel 22:

id	sc_nr	effecten	stofcat	$\lambda_{str 1}$	$\lambda_{str 2}$
3	1	warmte straling	A	0,1	0,1
4	2	warmte straling	A	0,1	0,1
5	3	warmte straling	A	0,1	0,1
6	4	warmte straling	A	1	1
7	5	piek overdruk	A	1	1
16	6	warmte straling	A	0,3	0,3
17	7	piek overdruk	A	1	1
1	8	warmte straling	C3	1	1
2	9	warmte straling	C3	1	1
12	10	toxische belasting	D3	0,1	0,1
13	11	toxische belasting	D3	0,1	0,1
14	12	toxische belasting	D4	0,1	0,1
15	13	toxische belasting	D4	0,1	0,1
8	14	toxische belasting	B2	0,1	0,1
9	15	toxische belasting	B2	0,1	0,1
10	16	toxische belasting	B3	0,1	0,1
11	17	toxische belasting	B3	0,1	0,1

Maatregel 23:

id	sc_nr	effecten	stofcat	$\lambda_{str\ 1}$	$\lambda_{str\ 2}$
3	1	warmte straling	A	0,1	0,01
4	2	warmte straling	A	0,1	0,01
5	3	warmte straling	A	0,1	0,01
6	4	warmte straling	A	1	0,9
7	5	piek overdruk	A	1	1
16	6	warmte straling	A	1	0,99
17	7	piek overdruk	A	1	1
1	8	warmte straling	C3	1	1
2	9	warmte straling	C3	1	1
12	10	toxische belasting	D3	0,1	0,01
13	11	toxische belasting	D3	0,1	0,01
14	12	toxische belasting	D4	1	1
15	13	toxische belasting	D4	1	1
8	14	toxische belasting	B2	1	1
9	15	toxische belasting	B2	1	1
10	16	toxische belasting	B3	1	1
11	17	toxische belasting	B3	1	1

Maatregel 24:

id	sc_nr	effecten	stofcat	$\lambda_{str\ 1}$	$\lambda_{str\ 2}$
3	1	warmte straling	A	0,1	0,01
4	2	warmte straling	A	0,9	0,1
5	3	warmte straling	A	0,99	0,9
6	4	warmte straling	A	1	1
7	5	piek overdruk	A	1	1
16	6	warmte straling	A	0,1	0,1
17	7	piek overdruk	A	1	1
1	8	warmte straling	C3	0,01	0,01
2	9	warmte straling	C3	0,02	0,02
12	10	toxische belasting	D3	0,1	0,1
13	11	toxische belasting	D3	0,1	0,1
14	12	toxische belasting	D4	0,15	0,15
15	13	toxische belasting	D4	0,2	0,2
8	14	toxische belasting	B2	0,9	0,9
9	15	toxische belasting	B2	0,1	0,1
10	16	toxische belasting	B3	0,9	0,9
11	17	toxische belasting	B3	0,9	0,9

Maatregel 25:

id	sc_nr	effecten	stofcat	$\lambda_{str 1}$	$\lambda_{str 2}$
3	1	warmte straling	A	0,1	0,01
4	2	warmte straling	A	0,99	0,99
5	3	warmte straling	A	0,99	0,99
6	4	warmte straling	A	0,99	0,99
7	5	piek overdruk	A	1	1
16	6	warmte straling	A	0,1	0,1
17	7	piek overdruk	A	1	1
1	8	warmte straling	C3	0,01	0,01
2	9	warmte straling	C3	0,02	0,02
12	10	toxische belasting	D3	0,1	0,1
13	11	toxische belasting	D3	0,1	0,1
14	12	toxische belasting	D4	0,15	0,15
15	13	toxische belasting	D4	0,2	0,2
8	14	toxische belasting	B2	0,9	0,9
9	15	toxische belasting	B2	0,1	0,1
10	16	toxische belasting	B3	0,9	0,9
11	17	toxische belasting	B3	0,9	0,9

Maatregel 26:

id	sc_nr	effecten	stofcat	$\lambda_{str 1}$	$\lambda_{str 2}$
3	1	warmte straling	A	0,1	0,01
4	2	warmte straling	A	0,99	0,99
5	3	warmte straling	A	0,99	0,99
6	4	warmte straling	A	0,99	0,99
7	5	piek overdruk	A	1	1
16	6	warmte straling	A	0,1	0,1
17	7	piek overdruk	A	1	1
1	8	warmte straling	C3	0,01	0,01
2	9	warmte straling	C3	0,02	0,02
12	10	toxische belasting	D3	0,1	0,1
13	11	toxische belasting	D3	0,1	0,1
14	12	toxische belasting	D4	0,15	0,15
15	13	toxische belasting	D4	0,2	0,2
8	14	toxische belasting	B2	0,9	0,9
9	15	toxische belasting	B2	0,1	0,1
10	16	toxische belasting	B3	0,9	0,9
11	17	toxische belasting	B3	0,9	0,9

Maatregel 27:

id	sc_nr	effecten	stofcat	$\lambda_{str 1}$	$\lambda_{str 2}$
3	1	warmte straling	A	0,1	0,01
4	2	warmte straling	A	0,99	0,99
5	3	warmte straling	A	0,99	0,99
6	4	warmte straling	A	0,99	0,99
7	5	piek overdruk	A	1	1
16	6	warmte straling	A	0,1	0,1
17	7	piek overdruk	A	1	1
1	8	warmte straling	C3	0,01	0,01
2	9	warmte straling	C3	0,02	0,02
12	10	toxische belasting	D3	0,1	0,1
13	11	toxische belasting	D3	0,1	0,1
14	12	toxische belasting	D4	0,15	0,15
15	13	toxische belasting	D4	0,2	0,2
8	14	toxische belasting	B2	0,9	0,9
9	15	toxische belasting	B2	0,1	0,1
10	16	toxische belasting	B3	0,9	0,9
11	17	toxische belasting	B3	0,9	0,9

Maatregel 28:

id	sc_nr	effecten	stofcat	$\lambda_{str 1}$	$\lambda_{str 2}$
3	1	warmte straling	A	0,1	0,01
4	2	warmte straling	A	0,99	0,99
5	3	warmte straling	A	0,99	0,99
6	4	warmte straling	A	0,99	0,99
7	5	piek overdruk	A	1	1
16	6	warmte straling	A	0,1	0,1
17	7	piek overdruk	A	1	1
1	8	warmte straling	C3	0,01	0,01
2	9	warmte straling	C3	0,02	0,02
12	10	toxische belasting	D3	0,1	0,1
13	11	toxische belasting	D3	0,1	0,1
14	12	toxische belasting	D4	0,15	0,15
15	13	toxische belasting	D4	0,2	0,2
8	14	toxische belasting	B2	0,9	0,9
9	15	toxische belasting	B2	0,1	0,1
10	16	toxische belasting	B3	0,9	0,9
11	17	toxische belasting	B3	0,9	0,9

Maatregel 29:

id	sc_nr	effecten	stofcat	$\lambda_{str 1}$	$\lambda_{str 2}$
3	1	warmte straling	A	0,1	0,01
4	2	warmte straling	A	1	1
5	3	warmte straling	A	1	1
6	4	warmte straling	A	1	1
7	5	piek overdruk	A	1	1
16	6	warmte straling	A	0,1	0,1
17	7	piek overdruk	A	1	1
1	8	warmte straling	C3	0,01	0,01
2	9	warmte straling	C3	0,02	0,02
12	10	toxische belasting	D3	1	1
13	11	toxische belasting	D3	1	1
14	12	toxische belasting	D4	1	1
15	13	toxische belasting	D4	1	1
8	14	toxische belasting	B2	1	1
9	15	toxische belasting	B2	1	1
10	16	toxische belasting	B3	0,1	0,1
11	17	toxische belasting	B3	1	1

Maatregel 30:

id	sc_nr	effecten	stofcat	$\lambda_{str 1}$	$\lambda_{str 2}$
3	1	warmte straling	A	1	1
4	2	warmte straling	A	1	1
5	3	warmte straling	A	1	1
6	4	warmte straling	A	1	1
7	5	piek overdruk	A	1	1
16	6	warmte straling	A	1	1
17	7	piek overdruk	A	1	1
1	8	warmte straling	C3	0,1	0,1
2	9	warmte straling	C3	0,1	0,1
12	10	toxische belasting	D3	0,1	0,1
13	11	toxische belasting	D3	0,1	0,1
14	12	toxische belasting	D4	0,7	0,7
15	13	toxische belasting	D4	0,8	0,9
8	14	toxische belasting	B2	0,9	0,9
9	15	toxische belasting	B2	0,6	0,6
10	16	toxische belasting	B3	0,95	0,95
11	17	toxische belasting	B3	0,98	0,98

Maatregel 31:

id	sc_nr	effecten	stofcat	$\lambda_{str 1}$	$\lambda_{str 2}$
3	1	warmte straling	A	0,1	0,1
4	2	warmte straling	A	1	1
5	3	warmte straling	A	1	1
6	4	warmte straling	A	1	1
7	5	piek overdruk	A	1	1
16	6	warmte straling	A	0,1	0,1
17	7	piek overdruk	A	1	1
1	8	warmte straling	C3	0,1	0,1
2	9	warmte straling	C3	0,1	0,1
12	10	toxische belasting	D3	0,1	0,1
13	11	toxische belasting	D3	0,1	0,1
14	12	toxische belasting	D4	0,1	0,1
15	13	toxische belasting	D4	0,1	0,1
8	14	toxische belasting	B2	0,1	0,1
9	15	toxische belasting	B2	0,1	0,1
10	16	toxische belasting	B3	0,1	0,1

Bijlage 8: Bepaling kosten van maatregelen

Maatregel	Kosten	maatre	Lengte	Breedte	Hoogte	Oppervl	Inhoud	aantal	Prijs/m²	Prijs/m³	Prijs/m³	Omschrijving
Maatregel 0: 0-situatie"	€0.0.0.00											
Maatregel 1: D.Afstand 30m	€0.0.0.00											Reeds opgenomen in ontwerp
Maatregel 2: E.Bomenrij	€93.750				30			75	€1.250			
Maatregel 3: Betonmuur vlak voor gebouwen	€750.000		250		20				€3.000			
Maatregel 4: Plasterbekende maatregel: oot onder langs spoor	€1.125.000		500						€2.250			
Maatregel 5: A.Hittewerend uitvoeren van gevel van gebouwen strook 1	€593.405						11868,1			€50		
Maatregel 6: B.Hittewerend uitvoeren van gevel van gebouwen strook 1+2	€1.093.405						21868,1			€50		
Maatregel 7: C.Watergordijn langs gevel in strook 1	€1.642.270						2758,9 opplak	9109,2 opp	voorgevel	100 dak		€150 waterfilm (incl pompen en detectie)
Maatregel 8: Brand compartimentering gebouwen	€0.0.0.00											
Maatregel 9: Sprinklersysteem aan gebouwen langs spoor	€501.006							9109,2 opp	voorgevel		€55	oplosbaar in ontwerp
Maatregel 10: A.Geen opslaande ramen aan spoorzijde	€0.0.0.00											oplosbaar in ontwerp
Maatregel 11: B.Minder glas in gevel ornamenten aan spoorzijde	€0.0.0.00											oplosbaar in ontwerp
Maatregel 12: C.Voeg dicht bouwen in controle kleine overdruk gebouw	€151.663						15166,3			€10		
Maatregel 13: D.Blinde gevel spoorzijde	€0.0.0.00											
Maatregel 14: E.Kan zuigling lucht bovenkant gebouwen	€250.000							5 gebouwen		€50.000		oplosbaar in ontwerp
Maatregel 15: F.Automatisch afsluiten van openingen, Airco's in ventilatiesysteem	€250.000							5 gebouwen		€70.000		oplosbaar in ontwerp
Maatregel 16: G.Lucht dicht bouwen in interne ventilatie	€5.000.000							5 gebouwen		€1.000.000		
Maatregel 17: H.C-Pliterwerende film op glas	€744.444										€200	
Maatregel 18: I.D.Ondergrondse gebouwen (deels)	€0	NVT										
Maatregel 19: J.A.Gebouw met lage bezettingsgraad langs spoor	€0	NVT										
Maatregel 20: K.Bescherming tegen ragen delen hoogbouw (Zelf raagweg)	€62.500							5 gebouwen		€12.500		
Maatregel 21: L.Safe Haven	€50.000							5 gebouwen		€10.000		oplosbaar in ontwerp
Maatregel 22: M.Functies met lage bezettingsgraad langs spoor	€0	NVT										
Maatregel 23: N.Gebouw loodrecht op het spoor	€0	NVT										
Maatregel 24: O.V.luchten van het spoor af	€50.000							5 gebouwen		€10.000		oplosbaar in ontwerp
Maatregel 25: P.Waarschuwingssysteem voor de bevolking	€100.000	Schatting, Evtl aanpasbaar in overleg met BRW										
Maatregel 26: Q.Maskers	€123.900								413		€800	
Maatregel 27: R.Ontruimingsinstallatie in ontruimingsplan	€12.500							5 gebouwen		€22.500		
Maatregel 28: S.afweging ontruimen om te beschermen	€25.000							5 gebouwen		€5.000		
Maatregel 29: T.Adequaat informeren hulpdiensten	€50.000							5 gebouwen		€10.000		
Maatregel 30: U.Deskundigheid hulpdiensten	€0.0.0.00											
Maatregel 31: V.Matrix verkaveling	€175.000		250		30					€50		oplosbaar in ontwerp
Maatregel 32: W.Voldoende buswater voorziening	€105.000	Schatting, Evtl aanpasbaar in overleg met Bf						7 putten		€15.000		
Maatregel 33: X.Bereikbaarheid incident	€0.0.0.00	Schatting, Evtl aanpasbaar in overleg met BRW										
Maatregel 34: Y.Ontsluiting van de locatie	€15.000	Schatting, Evtl aanpasbaar in overleg met BRW										
Maatregel 35: Z.Ontsluiting van het spoor (dienstweg)	€25.000	Schatting, Evtl aanpasbaar in overleg met BRW										
Maatregel 36: AA.opstelmogelijkheid brandweer	€0.0.0.00	Schatting, Evtl aanpasbaar in overleg met BRW										
Maatregel 37: AB.anwezigheid buswater / schuim	€0.0.0.00	Standaard door BRW / e-leverd										
Maatregel 38: AC.sturen van een incident	€0.0.0.00	Geen, bij dens incident										
Maatregel 39: AD.isico communicatie oefenen	€0.0.0.00	Communicatie visie										
			I	b	h							
Blok 5			17		17,7				Blok 5: 17,0m x 27,5m x 3,3m (11 lagen)			
Blok 6			25,5		23				Blok 6: 25,5m x 23,0m x 2,2m (8 lagen)			
Blok 7			20		30				Blok 7: 20,0m x 30,0m x 2,4m (10 lagen)			
Blok 8			28,5		23				Blok 8: 28,5m x 23,0m x 2,5m (10 lagen)			
Blok 9			22		28				Blok 9: 22,0m x 28,0m x 2,6m (12 lagen)			

Bijlage 9: Nader onderzoek omtrent maatregelen***Maatregel 1E - Bomenrij;***

Deze maatregel is voornamelijk interessant tegen lichte toxische gassen.

Maatregel 3 - Plasbeperkende goot onder/langs spoor

Maatregelen die de omvang van een brandbare vloeistofplas beperken hebben een sterk reducerend effect. De greppel moet ten minste 1.000 m lang zijn (en doorsnede $1 \times 1 \text{ m}^2$ doorsnede). Hiermee ontstaat een dunne plas in de greppel. Deze maatregel zorgt ervoor dat de omvang van vlamlichaam sterk gereduceerd wordt en de warmtestraling gering blijft. De maatregel verlengt in feite het effectgebied langs het spoor. De warmtestraling op het gebouw is dan lager en het vlamlichaam (loodrecht op het spoor) kleiner. Dit is van belang, omdat in de andere ketelwagons ook brandbare vloeistoffen (of andere gevaarlijke stoffen) kunnen zitten. De maatregel mag er niet toe leiden, dat deze daardoor ook vrijkomen en het ongeval (verder) escaleert. Tevens kan hiermee de plas op afstand van het gebouw worden gehouden. Ook is een kleinere brand beter beheersbaar voor de hulpdiensten. Daarnaast heeft het ook een positief effect voor andere gebouwen in de omgeving.

Aandachtspunten bij de uitwerking van de maatregel zijn:

- ❖ Voorkomen aanstralen andere ketelwagons (met gevaarlijke stoffen).
- ❖ Voorkomen dat (regen)water in de greppel staat.
- ❖ In staat instantaan vrijkomende vloeistof op te vangen (sterkte constructie, kerende eigenschap, hellingshoek van het talud).
- ❖ Bereikbaarheid hulpverleningsdiensten.

Door (aanvullend) de greppel te compartimenteren wordt ook de grootte van de plas niet alleen loodrecht op het spoor maar ook evenwijdig aan het spoor verkleint. Bij de uitwerking van de maatregel kan hieraan aandacht worden besteed. Ook kan gedacht worden aan een soort rioleringsstelsel dat geschikt is voor opvang van brandbare vloeistoffen. Middel van schotten loodrecht op het spoor in de greppel en/of een "dubbele bodem" in de greppel.

Maatregel 4A - Hittewerend uitvoeren van gevel van gebouwen strook 1

Deze maatregel is voornamelijk interessant tegen plasbranden.

Maatregel 8A - Geen openslaande ramen aan spoorzijde

Deze maatregel is effectief tegen geluid. Voor entree begane grond geldt liever geen deuren aan de spoorzijde. Wanneer er voor gekozen wordt om dit wel te doen, dient dit wel te verantwoorden te zijn met de maatregelen die er worden genomen.

Maatregel 8C2 - Kleine overdruk gebouw

Om indringing van verontreinigde buitenlucht tegen te gaan, dient een overdruk van tenminste zo'n 10 Pa te worden gehandhaafd. Dit kan eenvoudig door mechanische ventilatie die het lucht door het gehele gebouw circuleert en continu pompt. Overdruk in een gebouw is gemakkelijk te realiseren bij gunstige windrichtingen. Risicovolle gebouwen in een risicovolle omgeving kunnen daarom het beste zodanig worden georiënteerd dat bij de overheersende windrichting onderdruk bij de langsgevels ontstaat. Dit is het geval bij de gebouwen in de Campina Terrein.

In Nederland is een ZW-NO oriëntatie van de kopgevels hiervoor optimaal. Niet alleen komt de wind >50 % van de tijd uit het Zuidwesten, maar ook zijn de windsnelheden hier het grootst. Windsnelheden groter dan 5 Beaufort komen bij andere windrichtingen niet of nauwelijks voor. Overdruksystemen zijn daarnaast geschikt om kwetsbare ruimten binnen een gebouw te separeren, bijvoorbeeld bij brand.

Een succesvolle toepassing van overdruksystemen hangt dus af van de gebouworientatie en de te bereiken luchtdoorlatendheid van de gevel, en is maar beperkt mogelijk. Eisen aan de kierdichtheid van het gebouw zijn derhalve uiterst belangrijk. Perfect luchtdichte gebouwen bestaan niet. Desalniettemin kan men zorgen voor een zo goed mogelijke luchtdichte afsluiting van het gebouw ten opzichte van de buitenlucht. Op deze wijze is de blootstelling (concentratie toxische stof in de lucht) en dus het risico voor mensen in het gebouw t.a.v. toxische stoffen gedurende een zekere periode na de calamiteit aanzienlijk te beperken. Gebouwen worden niet echt luchtdicht ontworpen. Nieuwe woningen hebben een gemiddelde qv_{10} -waarde van 80 dm^3/s . Er zijn echter al woningen met 10× zo lage waarden gerealiseerd. Hierdoor kan de blootstelling van toxische gassen een factor 10 afnemen! Bij het bouwen langs de spoorzone in het Campina Terrein zal men moeten streven naar dergelijke luchtdichtheden. Wil men gebouwen ontwerpen waarbij er zo min mogelijk buitenlucht in het gebouw kan binnentreden, dan dient men vooral de gevels en daken van het gebouw zodanig te ontwerpen dat die luchtdicht zijn. Men kan hiermee rekening houden tijdens het ontwerp van het gebouw. Voor het zo goed mogelijk afscheiden van de buitenlucht dienen de gevels voegdicht te zijn en de beweegbare delen (ramen, deuren en roosters) in hoge mate kierdicht. Gevels van gebouwen dienen zo min mogelijk voegen te bevatten.

Concreet kan men het bovenstaande bereiken door de volgende maatregelen in het ontwerp te betrekken:

- ❖ Compressieband in naden tussen kozijn en gevel;
- ❖ PE-band bij dakplaten;
- ❖ Flexibel purschuim tussen dakplaten en bouwmuur;
- ❖ Flexibelpurschuimtussengevelenbouwmuur, gevel en vloeren;
- ❖ Dakvoet en nok afdichten met compressieband;
- ❖ Kaderprofiel bij draaiende kozijndelen;
- ❖ Semi-gesloten band tussen dakraam en constructie;
- ❖ Flexibel purschuim bij openingen in vloeren en dak;
- ❖ 2 en 3-puntsluitingen op draaiende delen;
- ❖ Dubbele kierdichting bij draaiende delen;
- ❖ Manchetten bij dakdoorvoeren;
- ❖ Afplakken van aansluitingen van vloer en fundering met betylband;
- ❖ Buitendeuren met onderregel;
- ❖ Beter afstellen hang- en sluitwerk (max. 3 mm speling);
- ❖ Brievenbus met binnenklep;
- ❖ Luchtdicht afkitten glaslatten;
- ❖ Afsluiten kruipruimte en spouw met pur;
- ❖ Geprefabriceerde afdichtingen;
- ❖ Prefabmeterkastvloerenenkruipluiken;
- ❖ Losse brievenbus aan de gevel;
- ❖ Extreem goede detaillering, bijv. dubbele naaddichting etc.
- ❖ Zo veel mogelijk gebruik maken van beplating, i.p.v. voegen in baksteen.

Enige nadeel van deze maatregel is dat het architectonische beperkingen voor het gebouw met zich meebrengt.

Deze maatregel brengt nauwelijks extra kosten met zich mee, omdat de meeste maatregelen in het ontwerp worden meegenomen. De enige extra kosten die te verwachten zijn, zijn kosten voor de ventilatiesysteem met extra pompkracht en -capaciteit. Ten opzichte van een standaard ventilatiesysteem is deze maatregel ongeveer 15-20 % duurder. Dit betekent dat de kosten hiervoor worden geschat op € 3.000,=. Daarnaast moeten de voegen van de gevel regelmatig (bijv. twee keer per jaar) met behulp van o.a. infrarood technieken gecontroleerd worden. Per jaar worden de kosten hiervoor € 2.000,= geschat.

Maatregel 9 - Aanzuiging lucht bovenkant gebouwen

Bij toxische belasting, hetzij door vloeistoffen, hetzij door gassen, is het van belang dat de lucht van de dampwolk niet het gebouw binnendringt. Dit kan eenvoudig bereikt worden door de lucht van de niet spoorzijde aan te zuigen (zie figuur B.10). Hiervoor zijn voldoende ventilatiepijpen en inzuigcapaciteit nodig die eventueel tot aan 10 meter vanaf het gebouw getrokken kunnen worden. Het toepassen van gevels waarmee met de buitenlucht wordt geventileerd wordt ten strengste afgeraden. Zodoende kan de buitenlucht alsnog het gebouw binnendringen. Een belangrijke toevoeging voor het luchtdicht houden van het gebouw. M.a.w. deze maatregel heeft enkel effect als deze met maatregel 8c wordt gecombineerd.

De extra kosten hebben betrekking op de extra pijplengte, alsmede de extra pompcapaciteit. De kosten voor deze maatregel bedragen ongeveer $(10 \times 3 \times 200) + 1000 = € 7.000,=$.



Figuur B.10: Globale visualisatie maatregel.

Maatregel 10 - automatisch afsluiten van opening, airco's of ventilatie systeem (i.c.m. overdruk)

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 lastig.

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. Daarom is het van belang dat de aanwezige BHV-ers goed zijn geïnstrueerd bij calamiteiten. Wil men toch overgaan om alles zo veel mogelijk automatisch te laten uitvoeren, dan is naast een detectiesysteem, ook een bedieningssysteem nodig. Het bedienen, besturen, bewaken en beheren van de raamopeningen en (centrale) deurvergrendeling is dan hiermee gewaarborgd. Deze detectiesysteem moet worden gekoppeld aan een waarschuwinginstallatie. Deze is bedoeld om personen welke zich in de gebouwen bevinden te waarschuwen bij gevaarlijke situaties. De waarschuwinginstallatie kent drie toestanden:

- ❖ normaal;
- ❖ beperkt veilig;
- ❖ onveilig

De kosten van deze maatregel zijn opgebouwd uit de volgende elementen:

❖ detectiesysteem	€ 15.000,=
❖ waarschuwingssysteem	€ 10.000,=
❖ besturingssysteem	€ 30.000,=
❖ het ontwerpen van het systemen	€ 50.000,=
❖ beheren van het systeem	€ 20.000,=

SSCM schat in dat de kosten hiervan € 125.000,= bedragen.

Maatregel 14B - 2^e draagweg

<PM>

Maatregel 14C - Safe haven

<PM>

Maatregel 16 - Vluchten van spoor af

<PM>

Maatregel 19 - Ontruimingsinstallatie + ontruimingsplan

<PM>

Maatregel 23 - Matrixverkaveling

<PM>

Maatregel 31 - Risicocommunicatie

<PM>

Deze maatregelen zijn compleet overzicht opgenomen in bijlage 10.

Bijlage 10: Notitie maatregelen d.d. 4 juni 2012 van HollandsMidden

Opdrachtgever:
Hollands Midden BV
Dhr. P. Kranenborg
Westdam 3h
3441 GA Woerden

Titel:
Externe Veiligheid Campina Terrein, Woerden

Status:
VERSIE 2.1 (CONCEPT EINDVERSIE)

Auteur:
Dr.ir. S.I. Suddle

SSCM BV
Vlaardingerdijk 235
3117 EN Schiedam

Tel 06 - 30076869
S.I.Suddle@SSCM.nl
www.SSCM.nl

© **SSCM BV**. Alle rechten voorbehouden. Behoudens uitzonderingen door de wet gesteld, mag zonder schriftelijke toestemming van de rechthebbenden niets uit dit document worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, digitale reproductie of anderszins.