

Rapport M.2007.5652.16.R003

Plan Elst Centraal, Overbetuwe

Verantwoordingsplicht Groepsrisico,
Bestemmingsplan Huis der Gemeente, Elst Centraal

Status: DEFINITIEF

Adviseurs voor bouw, industrie, verkeer, milieu en software

NL^{LID}INGENIEURS

info@dgm.nl
www.dgm.nl

Van Pallandtstraat 9-11, Postbus 153
NL-6800 AD Arnhem
T +31 (0)26 351 21 41
F +31 (0)26 443 58 36

Eisenhowerlaan 112, Postbus 82223
NL-2508 EE Den Haag
T +31 (0)70 350 39 99
F +31 (0)70 358 47 52

Morra 2, Postbus 671
NL-9200 AR Drachten
T +31 (0)512 52 23 24
F +31 (0)512 52 25 19

Geerweg 11, Postbus 640
NL-6130 AP Sittard
T +31 (0)46 411 39 30
F +31 (0)46 411 39 31



Colofon

Rapportnummer:	M.2007.5652.16.R003	
Plaats en datum:	Arnhem, 3 juni 2010	
Versie:	001	Status: DEFINITIEF
Opdrachtgever:	Gemeente Overbetuwe Afdeling Bouwen en Wonen Postbus 11 6661 EH ELST	
Contactpersoon:	De heer H. Bos Telefoon: +31 (0)481 36 21 75 E-mail: h.bos@overbetuwe.nl	
Uitgevoerd door:	DGMR Industrie, Verkeer en Milieu B.V. Informatie: ing. R.W. (Raymond) Kockx E-mail: rkc@dgmr.nl Telefoon: +31 (0)70 350 39 99 Fax: +31 (0)70 358 47 52	
Auteur(s):	ing. R.W. (Raymond) Kockx dr.ir. S.I. (Shahid) Suddle	
Eindverantwoordelijke Voor deze:	ing. J.J.A. (Hans) van Leeuwen ing. M.H.M. (Michel) van Kesteren	
Controle	KS BRA BR	

©DGMR Industrie, Verkeer en Milieu B.V. Alle rechten voorbehouden. Wilt u (delen van) dit rapport kopiëren of vermenigvuldigen, vraagt u dan schriftelijk toestemming daarvoor bij DGMR Industrie, Verkeer en Milieu B.V.

Inhoudsopgave

Pagina

1.	INLEIDING.....	5
1.1	Aanleiding	5
1.2	Opgave	5
1.3	Doelstelling en randvoorwaarden	5
1.4	Leeswijzer	6
2.	WERKWIJZE	7
2.1	Fase 1 Inventariseren	9
2.2	Fase 2 Afwegen van veiligheidsmaatregelen	9
2.3	Fase 3 Vastleggen.....	11
3.	KADERS.....	12
3.1	Nationaal en lokaal beleid.....	12
3.2	Stedenbouwkundige voorwaarden	13
3.3	Fasering plan.....	14
4.	ONGEVALSCENARIO'S EN DAAROP GERICHTE MAATREGELEN.....	16
4.1	Inleiding.....	16
4.2	Fysische effecten van ongevallen met gevaarlijke stoffen	16
4.3	Ontwerputgangspunten	17
4.4	Analyse van alle mogelijke veiligheidsmaatregelen (eerste selectie)	18
4.5	Advies lokale brandweer.....	22
4.6	Tweede selectie van maatregelen	22
5.	DE KOSTENEFFECTIVITEIT VAN MAATREGELEN	23
5.1	Inleiding kosteneffectiviteit.....	23
5.2	Beschrijving situatie	24
5.3	Bepaling kosteneffectiviteit van plan Elst Centraal.....	25
5.4	Mogelijke classificatie van kosteneffectiviteit plan Elst Centraal	33
5.5	Kiezen van maatregelen	35
6.	BOUWSTENEN INVULLING VERANTWOORDINGSPLICHT GROEPSRISICO	36
6.1	Omvang van het groepsrisico	36
6.2	Ruimtelijke alternatieven	37
6.3	Selectie van maatregelen	37
6.4	Risicoreductie in de nabije toekomst	40
6.5	Verankering van maatregelen in bestemmingsplan Infra, Elst Centraal	41
6.6	Aanvaardbaarheid restrisico.....	42

BIJLAGEN

- Bijlage 1: Achtergrondinformatie over externe veiligheid
- Bijlage 2: Resultaten QRA Elst Centraal
- Bijlage 3: Effecten van ongevallen met gevaarlijke stoffen
- Bijlage 4: Gebiedsgerichte toepassing maatregelen
- Bijlage 5: Analyse van gebieden voor het treffen van maatregelen
- Bijlage 6: Methodiek bepaling kosteneffectiviteit van maatregelen
- Bijlage 7: Achtergrondinformatie voor de bepaling van het risicoreducerend effect van maatregelen
- Bijlage 8: Factoren risicoreductie van maatregelen
- Bijlage 9: Kosten van maatregelen
- Bijlage 10: Conceptadvies lokale brandweer
- Bijlage 11: Aanvullend concept advies lokale brandweer
- Bijlage 12: Ligging opstelplaatsen voor de brandweer

1. Inleiding

1.1 Aanleiding

De gemeente Overbetuwe is voornemens om op relatief korte afstand van het spoor diverse functies te realiseren. Deze functies liggen binnen het invloedsgebied (lees: ruimtelijke risico-invoedssfeer) van het spoor waarover gevaarlijke stoffen worden vervoerd. De ruimtelijke besluiten die de spoorzoneontwikkeling mogelijk maken vereisen daarom – in overstemming met het beleid Externe Veiligheid zoals vastgelegd in de circulaire Risiconormering Vervoer van Gevaarlijke Stoffen (RNVGS) - 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 deelrapport 'Plan Elst Centraal, Overbetuwe: Externe veiligheid: inventarisatie, bestemmingsplan Huis der Gemeente' van mei 2010 blijkt dat het groepsrisico van het spoortraject Arnhem-Nijmegen door Elst als gevolg van het plan toeneemt en in worstcase scenario de oriëntatiewaarde overschrijdt. In dat geval geldt de verantwoordingsplicht groepsrisico. Onderdeel van deze verantwoording 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.

1.3 Doelstelling en randvoorwaarden

Uit de risicoanalyse blijkt dat het groepsrisico van alleen het spoor als gevolg van het bestemmingsplan 'Huis der Gemeente' stijgt. In voorliggend rapport komen daarom risicoreducerende maatregelen aan de orde. Maatregelen die de zelfredzaamheid en/of beheersbaarheid vergroten, verlagen het (groeps-)risico. Dit invloed op het groepsrisico is in beginsel niet te kwantificeren. De stijging en hoogte van het groepsrisico moet decentraal, door de gemeente Overbetuwe, worden verantwoord. Hierbij is het van groot belang te benadrukken dat het bevoegd gezag (college van burgemeester en wethouders en gemeenteraad) de afweging van het maatschappelijk nut en noodzaak van de ontwikkeling ten opzichte van het risiconiveau in het gebied maakt.

Centraal in dit onderzoek staat het integreren van redelijkerwijs te treffen maatregelen in het plan. Het doel van dit onderzoek is:

Wat zijn de redelijkerwijs mogelijk te nemen extra veiligheidsverhogende maatregelen en op welke manier kunnen deze worden geïntegreerd in het plan Elst Centraal?

Om deze doelstelling te behalen staat het antwoord op onder meer de volgende vragen centraal:

1. Welke ongevalsscenario'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 en geven inzicht in de kosteneffectiviteit van mogelijk te treffen maatregelen voor Elst Centraal, hetgeen van belang is voor de voorbereiding op de bestuurlijke afweging. Tenslotte levert dit advies bouwstenen aan voor de verantwoording van het groepsrisico en de doorwerking daarvan in de bestemmingsplannen en/of bouwenvelopen.

Dit rapport heeft geleid tot paragraaf externe veiligheid in de toelichting bij het bestemmingsplan 'Huis der Gemeente' waarin de standpunten en keuzes van actoren verwerkt zijn. De wens om extra veiligheidsmaatregelen te eisen is een bestuurlijke keuze. Alle waardeoordelen in dit rapport zijn vastgesteld door de gemeente. Feitelijke onderbouwingen zijn deels door DGMR gemaakt, zoals de risicoanalyse en de analyse van de kosteneffectiviteit van maatregelen.

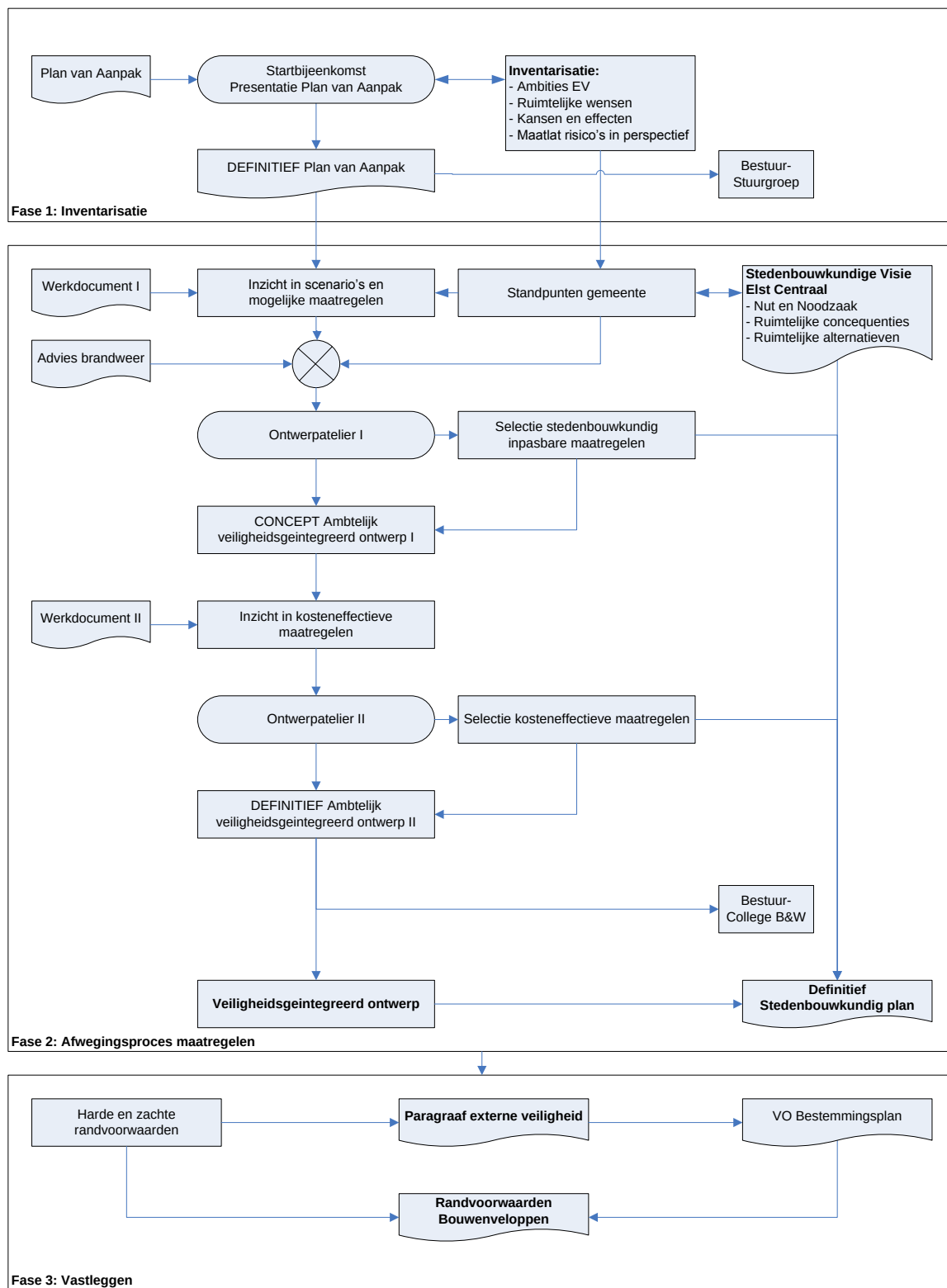
1.4 Leeswijzer

Dit rapport beschrijft het verantwoordingsproces ten behoeve van het totale plan Elst Centraal en bestemmingsplan 'Huis der Gemeente' in het bijzonder. Het resultaat van het doorlopen proces is opgenomen in hoofdstuk 6 van dit rapport. In de hoofdstukken daarvoor en bijlagen zijn analyses ter onderbouwing van de daarin gemaakte keuzes opgenomen.

2. Werkwijze

Voorliggend document bevat het definitief ambtelijk veiligheidsgeïntegreerd ontwerp waarin de resultaten van de ontwerpateliers en aanvullende keuzes en adviezen van gemeente en brandweer zijn verwerkt.

Om te komen tot dit veiligheidsgeïntegreerd ontwerp voor Elst Centraal, zijn drie processtappen onderscheiden (zie figuur volgende pagina). Uitgangspunt bij deze 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.



Figuur 1: schematische weergave van het proces

2.1 Fase 1 Inventariseren

Fase 1 bestaat uit het in beeld brengen van de externe veiligheidsituatie en het vaststellen van het Plan van Aanpak voor fase 2 en 3. Het eerste element van de stap was in deze fase in concept beschikbaar. Dit is het rapport 'Actualisatieonderzoek Externe Veiligheid: plangebied Elst Centraal, gemeente Overbetuwe' met kenmerk Rapport M.2007.5652.05.R001. Hierin is het groepsrisico geactualiseerd en vastgelegd.

Voor het creëren van het draagvlak voor het proces is op 21 oktober 2009 een startbijeenkomst georganiseerd voor de projectgroep. Het resultaat is de in dit hoofdstuk gepresenteerde werkwijze.

2.2 Fase 2 Afwegen van veiligheidsmaatregelen

In deze fase staat het maken van keuzes centraal. Tijdens minimaal twee overleggen (ontwerpateliers) vindt het iteratief ontwerpproces plaats. Hierbij wordt invulling gegeven aan de volgende criteria voor de verantwoording van het groepsrisico:

1. Mogelijkheden tot beperking groepsrisico (nu en in de toekomst)
2. Mogelijkheden tot voorbereiding en bestrijding ramp
3. Mogelijkheden voor zelfredzaamheid en vluchtmogelijkheden aanwezig
4. Mogelijkheden voor ruimtelijke alternatieven

In de risicoanalyse (rapport M.2007.5652.05.R001) komen de transportintensiteiten uit het Tracébesluit Sporen in Arnhem aan de orde. Deze intensiteiten vormen eveneens het uitgangspunt van de analyse in fase 2. De marktverwachting voor het jaar 2020 (ProRail, 2007) is door de gemeente benoemd als 'realistisch scenario'. De realisatiecijfers van 2007 zijn hoger dan de marktverwachting en worden daarom aanvullend beschouwd als 'worst case scenario'.

Als inbreng voor deze fase wordt een advies van de regionale brandweer verwacht. Om de afweging goed te kunnen maken, wordt een groslijst van risicoreducerende maatregelen opgesteld en de effecten van ongevallen beschreven. Dit kan met behulp van de veiligheidsgeïntegreerde ontwerpmatrix. Het tussenresultaat is een Werkdocument I met daarin:

Algemeen

1. De context, ruimtelijke wensen en ambities (input van onder andere van de gemeente)
2. Ontwerpuitgangspunten voor het plan vanuit het oogpunt van externe veiligheid
3. Een maatlat 'risico's in perspectief' (vergelijking EV-risico's met andere risico's)
4. De bouwstenen voor de invulling van de verantwoordingsplicht
5. Het concept veiligheidsgeïntegreerde ontwerpmatrix

Specifiek

1. De beschrijving van ongevalsscenario's en effecten van ongevallen (globale en geografische weergave)
2. De plaats van mogelijk te nemen maatregelen
3. Een beschrijving van mogelijke maatregelen "de groslijst van maatregelen"¹
4. Een kwalitatieve beoordeling van de (steden)bouwkundige inpasbaarheid

Nadat het werkdocument I is opgeleverd, is een ontwerpatelier I georganiseerd, waarbij de projectgroep en de architect aanwezig waren. Tijdens deze bijeenkomst is door de inbreng van alle actoren een veiligheidsgeïntegreerd ontwerp op hoofdlijnen tot stand gekomen. Kern van het ontwerpatelier was het concretiseren van ontwerpuitgangspunten en het integreren van deze uitgangspunten en maatregelen in het stedenbouwkundig plan. Ook werden maatregelen geselecteerd, die relevant, gewenst en inpasbaar zijn voor het stedenbouwkundig plan Elst Centraal.

Na ontwerpatelier I is de kosteneffectiviteit van de geselecteerde maatregelen bepaald. Bij het keuzeproces is de kosteneffectiviteit van maatregelen een belangrijk aspect: zo groot mogelijk risicoreducerend effect tegen zo laag mogelijke kosten. De gemeente heeft in overleg met DGMR in deze fase de kosten van elk van de geselecteerde maatregelen in beeld gebracht. 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 speelde een aantal kwalitatieve factoren een rol. DGMR heeft de gemeente voorgelegd om hier een standpunt over te nemen. Deze analyse (kosteneffectiviteit van maatregelen) is gerapporteerd in een document, dat als de input is 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 is toegespitst op het plan Elst Centraal. 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 Overbetuwe.

Ervaring leert dat na een ontwerpatelier uitwerkingen nodig zijn. DGMR 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

¹ Per maatregel van de mogelijke (stedenbouwkundig inpasbare) maatregelen worden de volgende eigenschappen weergegeven:

- het schaalniveau van de maatregel: S = stad / W=wijk / G=gebouw;
- de locatie en typering van de maatregel: B= Risicobron / T= tussengebied / O= ontvangergebied;
- het kwalitatief effect van de maatregel tegen een bepaalde fysische belasting;
- de indicatie van de (steden-)bouwkundige inpasbaarheid en haalbaarheid van de maatregel;
- het kwalitatief effect van de maatregel tegen (1) toxische belasting, (2) piekoverdrukeffecten, (3) de warmtestraling, op basis van een schaal met vijf mogelijk scores van zeer positief effect tot zeer negatief effect.

vastgesteld. Het definitief ambtelijk veiligheidsgeïntegreerd ontwerp is gepresenteerd aan het college van burgemeester en wethouders.

2.3 Fase 3 Vastleggen

Bij het doorlopen van fase 2 is het veiligheidsgeïntegreerde ontwerp vastgesteld. Deze situatie moet voor zover mogelijk in het bestemmingsplan worden vastgelegd. Hiertoe is mede als gevolg van verandering van het plan, de inventarisatie van risico's geactualiseerd en vastgelegd in rapport 'Plan Elst Centraal, Overbetuwe: Externe veiligheid: inventarisatie, bestemmingsplan Huis der Gemeente' van mei 2010.

Het is belangrijk dat het tot stand komen van dit ontwerp in de toelichting van het bestemmingplan wordt beschreven. Zo zijn de keuzes ook in een later stadium te herleiden. Dit gebeurt in de paragraaf externe veiligheid dat de verantwoording van het groepsrisico vormt.

In deze fase wordt het ontwerp vertaald naar de planregels en de plankaart. 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. Daarmee kunnen in bestemmingsplannen (milieu)kwaliteitsnormen worden opgenomen die bindend zijn. Voor sommige aspecten is het echter niet mogelijk of wenselijk om deze in het bestemmingsplan zelf te verankeren.

Zachte randvoorwaarden kunnen als aanvulling in de bouwenveloppen of een separaat gemeentelijk besluit worden opgenomen. Daarnaast vormt het rampenbestrijdingsplan een kader voor het verankeren van maatregelen.

Het eindresultaat is de paragraaf externe veiligheid. De juridische houdbare verankering van veiligheid in het bestemmingsplan en/of de bouwenveloppen is voorts onmisbaar, omdat voldoende rechtszekerheid moet bestaan over het daadwerkelijk tot stand komen van de gekozen maatregelen.

3. Kaders

3.1 Nationaal en lokaal beleid

De beoordeling van het groepsrisico (GR) vindt niet plaats door toetsing aan een vaste norm maar door middel van het afleggen van een verantwoording. Het bevoegd gezag beoordeelt de aanvaardbaarheid van het externe veiligheidsniveau op basis van de criteria uit de Circulaire RNVGS². Dit is samengevat:

1. De aanwezigheid dichtheid van personen in het invloedsgebied
2. De hoogte van het GR ten opzichte van de oriëntatiewaarde, voor en na het ruimtelijk besluit
3. Voor- en nadelen van ruimtelijke alternatieven met een lager GR (nut en noodzaak van de ontwikkeling)
4. Mogelijkheden tot beperking GR (nu en in de toekomst)
5. Mogelijkheden tot voorbereiding en bestrijding van een ramp (veiligheidsketen)
6. Mogelijkheden voor zelfredzaamheid en vluchtmogelijkheden aanwezig

Criteria 1 en 2 zijn reeds uitgebreid aan de orde gekomen in het rapport 'Plan Elst Centraal, Overbetuwe: Externe veiligheid: inventarisatie, bestemmingsplan Huis der Gemeente' van mei 2010. In bijlage 2 van dit rapport zijn de resultaten van dat onderzoek samengevat. Dit document gaat in op sturing aan het invullen van criteria 3 tot en met 6. Een aantal (concept) documenten geven hierbij de context waarbinnen het veiligheidsgeïntegreerd ontwerp tot stand komt. Het betreft:

- Stedenbouwkundige visie Elst Centraal, (november 2009)
- Beleidsvisie externe veiligheid Gemeente Overbetuwe (1 september 2009, concept)
- Verslag tweede werksessie cluster I; Milieusamenwerking Regio Arnhem (6 juli 2009)

De visie op externe veiligheid omvat voor het plan Elst Centraal op dit moment geen aanvullende afwegingseisen ten opzichte van het nationale beleid (de zes voorgaande criteria). In de tweede werksessie is wel aan aantal relevante uitspraken gedaan:

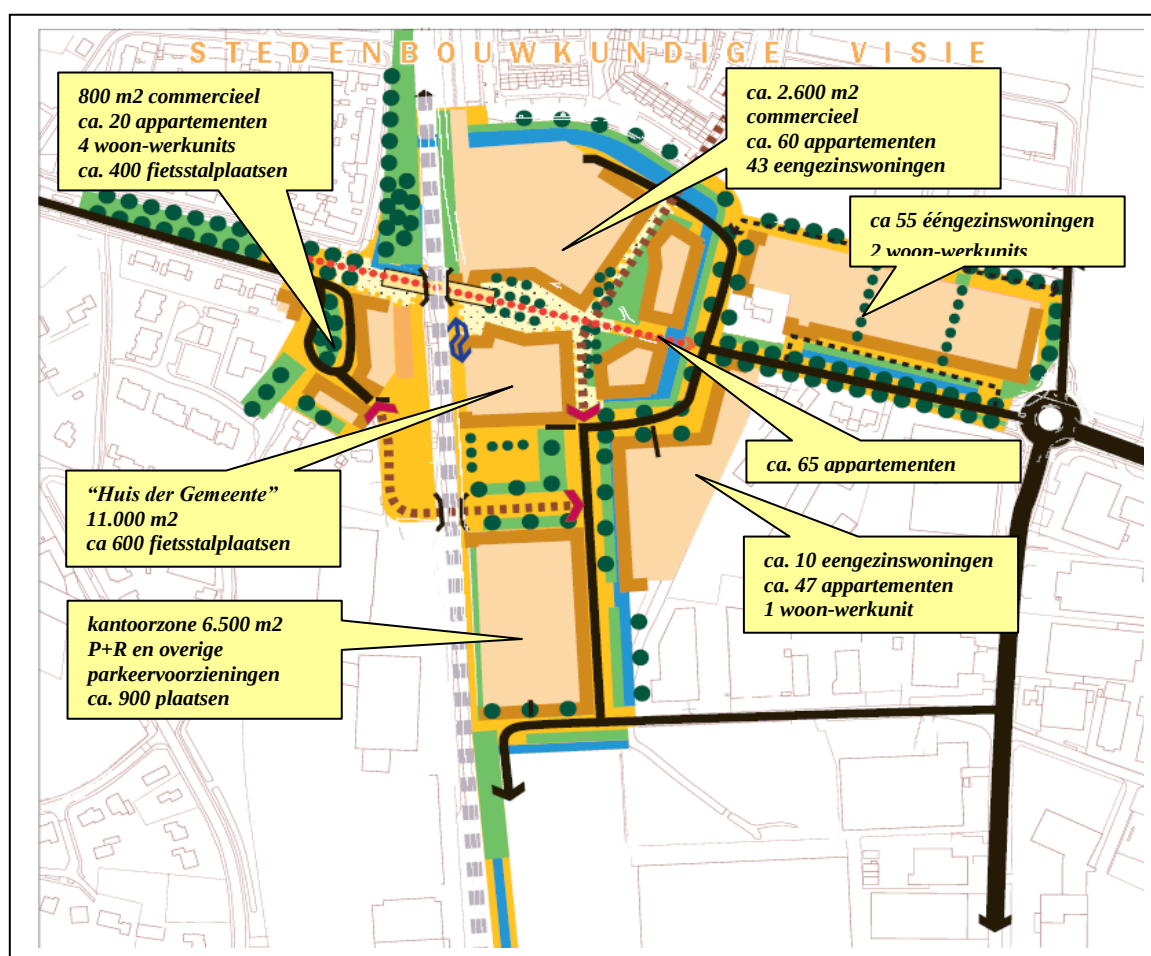
1. 'Veiligheid per gebiedstype definiëren. Elst Centraal kan anders niet gerealiseerd worden.'
2. 'Lobby transportroutes regionaal uitvoeren.' De discussie over de transportintensiteiten valt hiermee buiten de scope van voorliggend document. Het is wel van belang een uitgangspunt vast te stellen ten behoeve van de analyse en keuzes. Van belang is hierbij de uitspraak: 'Huidige gegevens gebruiken maar de ontwikkelingen blijven volgen. Openhouden of nieuwe situatie gewenst is.'

² Afgeleid van de Circulaire RNVGS en tabel 8 en de figuur op pagina 24 uit de Handreiking verantwoordingsplicht groepsrisico (november 2007).

In de omgeving van het plan liggen meerdere relevante risicobronnen. Alleen het spoor is beschouwd in voorliggend onderzoek. Het spoor geeft namelijk de grootste bijdrage aan het totale groepsrisico. Voor het bestemmingsplan 'Huis der Gemeente' is dit de enige relevante risicobron. De verantwoordingsplicht is reeds ingevuld voor het bestemmingsplan 'Infra'. De afweging over het al dan niet treffen van maatregelen is gemaakt op basis van het stedenbouwkundig plan.

3.2 Stedenbouwkundige voorwaarden

Stedenbouwkundige randvoorwaarden en ontwerp vrijheden sturen de integratie van maatregelen in het plan. Volgens de concept stedenbouwkundige visie ziet het plan eruit zoals in figuur 2 weergegeven.



Figuur 2: stedenbouwkundige visie met functioneel programma

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 samengevat in tabel 1.

Tabel 1
Relatie tussen stedenbouwkundige visie en de externe veiligheid

nr.	stedenbouwkundige visie	impact op externe veiligheidsniveau
1	mix van nieuwe functies binnen het risicogebied rondom het spoor. Het betreft: Huis der Gemeente, kantoren, bedrijvigheid, Woningen, voorzieningen station waaronder een P+R en infrastructuur waaronder twee tunnels (onder spoor).	verhoging van het risico verbetering bereikbaarheid spoor
2	de maximale bouwhoogtes in het gebied van overwegend maximaal 4-laagse bebouwing, met een enkele uitzondering.	relatief beperkte dichtheid van personen
3	voorkanten van bebouwing aan weerszijde van het spoor. Voorkanten zijn vanwege geluidsbelasting 'doof' uitgevoerd	positief voor infrastructurele mogelijkheden vluchten omdat hoofduitgang waarschijnlijk niet aan spoorzijde komt dove gevels bieden kansen om deze zo nodig brandwerend te maken
4	ligging waterverbinding	mogelijk geschikt (te maken) voor secundaire bluswatervoorziening
5	ligging openbare ruimte middels rooilijnen	mogelijk geschikt (te maken) voor calamiteiten- en vluchtroutes
6	half verdiepte parkeervoorziening stationsplein	voorkomen instromen brandbare vloeistoffen indien op korte afstand spoor (circa 30 meter) gunstig vanwege relatief lage bezettingsgraad
7	voorkanten Huis der Gemeente niet aan spoorzijde (west)	gunstig voor vluchtroutes (ook hoofduitgang) bij voorkeur aan de oostelijk voorkant van het gebouw hoge dichtheid van personen bij spoor ongunstig
8	P+R aan spoorzijde in 4 lagen en fietsenstalling	gunstig vanwege lage bezettingsgraad aandacht voor brandoverslag en bereikbaarheid spoor
9	kantoren aan zuidzijde dichtbij spoor	hoge dichtheid ongunstig aandacht voor bereikbaarheid spoor
10	de barrièrewerking van het spoor wordt middels 4 ongelijkvloerse verbindingen, waarvan 1 in het plangebied, beperkt	gunstig voor bereikbaarheid van plangebied
11	materiaalgebruik: metselwerk	gebruik vergt aandacht voor beperken luchtdoorlatendheid gevels en daken
12	tussen spoor en gebouw is tenminste 11 meter ruimte	gunstig voor mogelijkheid bereikbaarheid spoor
13	het Huis der Gemeente heeft een binnentuin waarlangs de kantoren worden gesitueerd	gunstig omdat daarmee aan de spoorzijde een relatief lage bezettingsgraad wordt gerealiseerd

Op stedenbouwkundig niveau zijn deze relaties tijdens de ontwerpdeliers I direct toegepast en aangevuld. De uitgangspunten in tabel 1 zijn van belang voor bij het bereiken van een veiligheidsgeïntegreerd ontwerp. Tijdens ontwerpdelier I en II is de stedenbouwkundige visie geconfronteerd met de ontwerpuitgangspunten uit paragraaf 4.3.

3.3 Fasering plan

In voorliggend rapport is het plan Elst Centraal integraal beschouwd. Het plan zal echter gefaseerd worden vastgelegd in bestemmingsplannen. De bestemmingsplannen vormen de juridische basis voor het invullen van de verantwoordingsplicht groepsrisico.

De infrastructurele maatregelen worden eerst mogelijk gemaakt met het bestemmingsplan Infra. Deze netwerken zijn vervolgens kaderstellen bij de ontwikkeling van bestemmingsplannen voor de bebouwde omgeving. Momenteel denkt de gemeente de bestemmingsplannen in de volgende volgorde vast te stellen:

1. Bestemmingsplan Infra, Elst Centraal (spoor, wegen, water park en plein)
2. Bestemmingsplan Elst Centraal, Huis der Gemeente (Huis der Gemeente en Kantoorstrip inclusief parkeervoorzieningen)
3. Daarna volgen de overige deelgebieden

Voorliggend rapport bevat een integrale beschouwing van risicoreducerende maatregelen. Veel risicoreducerende maatregelen hebben namelijk een invloed op het stedenbouwkundig plan als geheel, zoals ook duidelijk wordt uit tabel 1. De analyses in dit rapport zijn daarom gebaseerd op de stedenbouwkundige voorwaarden uit de voorgaande paragraaf.

Voor wat betreft de borging van maatregelen is in dit rapport uitsluitend ingegaan op het bestemmingsplan 'Huis der Gemeente'. Hierbij wordt aangesloten bij de boring van maatregelen zoals dat heeft plaatsgevonden bij het bestemmingsplan 'Infra'. De borging van maatregelen in andere deelgebieden komt aan de orde bij de navolgende deelplannen. Op dat moment ontstaat de juridisch grondslag voor verankering van die maatregelen (bijvoorbeeld aan gebouwen) en is meer duidelijkheid over de invulling van die plannen.

4. Ongevalscenario's en daarop gerichte maatregelen

4.1 Inleiding

Om de effectiviteit van maatregelen te beschouwen is het van belang om de effecten te beschouwen van mogelijke scenario's met gevaarlijke stoffen. Er zijn vier hoofdcategorieën van stoffen bij het transport die samen het risico bepalen:

1. brandbare gassen
2. toxische gassen
3. brandbare vloeistoffen
4. toxische vloeistoffen

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

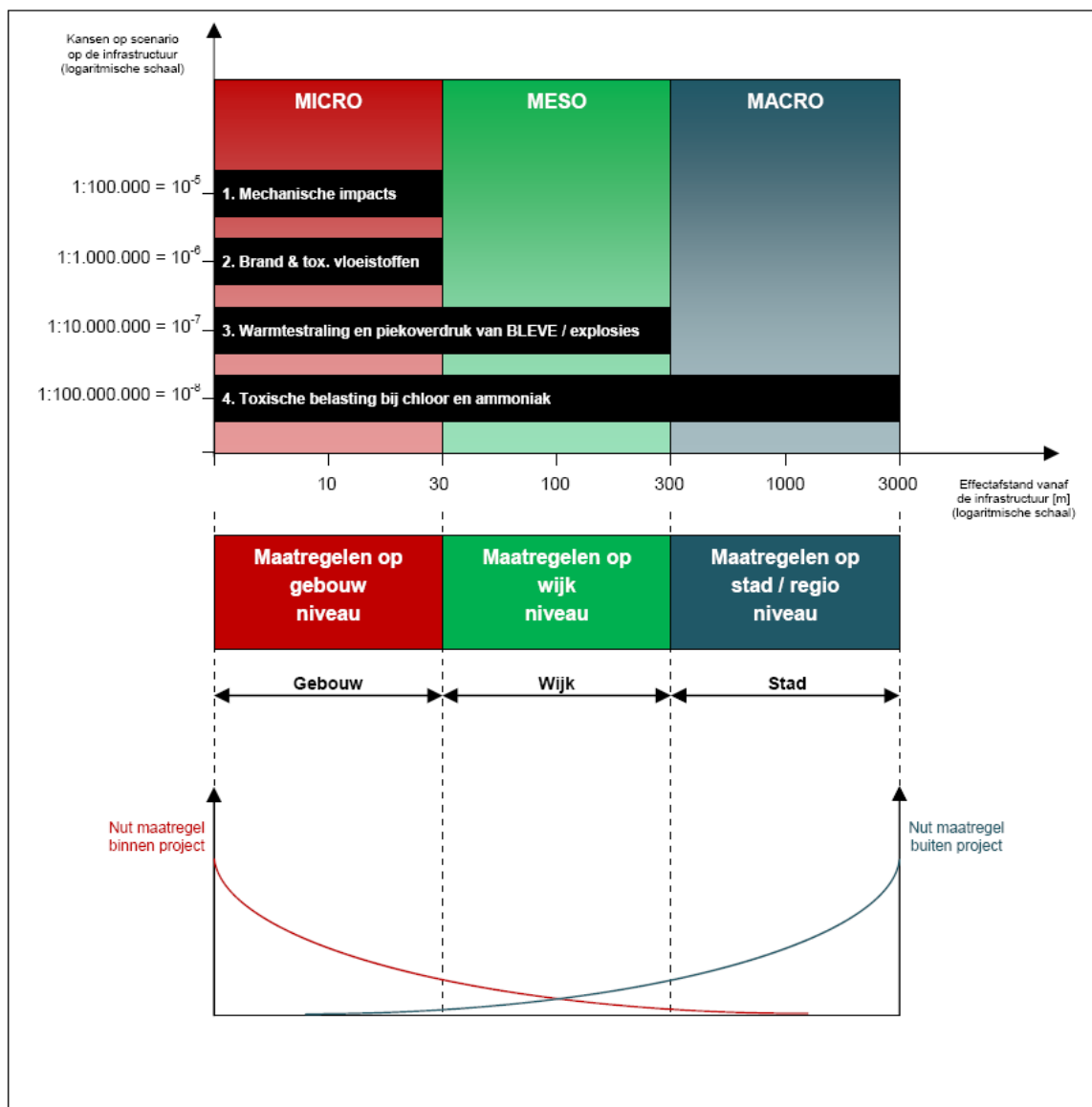
1. mechanische impacts (bij ontsparingen en aanrijdingen)
2. warmtebelasting (en convectie)
3. piekoverdruk bij explosies
4. toxische belasting

In bijlage 3 zijn de mogelijke fysische eindeffecten van calamiteiten en hun omvang per soort gepresenteerd. Per fysisch effect kunnen maatregelen getroffen worden op een daarbij behorend ruimtelijk schaalniveau. Dit is de kern van het veiligheidsgeïntegreerd ontwikkelen, ordenen en ontwerpen per schaalniveau (Suddle, 2007). De omvang van effecten van calamiteiten zijn hiervoor gekoppeld aan de schaalniveaus van het gebied.

4.2 Fysische effecten van ongevallen met gevaarlijke stoffen

Als de omvang van fysische effecten van calamiteiten worden gekoppeld aan de schaalniveaus van het gebied, dan ontstaat de schematische weergave van figuur 2. Uit de horizontale as van figuur 2 is af te lezen dat de effecten van mechanische impacts, warmtebelasting bij plasbranden en veel toxische vloeistoffen voornamelijk op gebouwniveau plaatsvinden (0-30 meter). De effecten van de warmtebelasting en piekoverdrukeffecten van een BLEVE/explosie hebben betrekking op het niveau van de wijk (0-300 meter), ofwel het bestemmings- en stedenbouwkundig plan Elst Centraal. De effecten van toxische gassen spreiden zich zelfs over het niveau van Elst (0-3000 meter). De kansen op een scenario zijn omgekeerd evenredig met de effectafstand van dat scenario. Dit wordt in de verticale as van figuur weergegeven.

Dit houdt in, dat de ene calamiteit eenvoudiger op gebouwniveau beheersbaar is dan de andere. Het oplossen van calamiteiten met een grote effectafstand en een bepaald soort fysische belasting, al dan niet gecombineerd met een relatief kleine kans, is op gebouwniveau nauwelijks mogelijk. Op het niveau van een stad juist wel. Calamiteiten met een kleine effectafstand en een relatief grote kans zijn juist effectief te beheersen, door het treffen van gerichte maatregelen op wijk- en gebouwniveau. Hierdoor wordt het totale risico sterk gereduceerd.



Figuur 3: de kansen en effecten van ongevallen met gevaarlijke stoffen per schaalniveau van het gebied

Figuur 2 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.

4.3 Ontwerputgangspunten

De combinatie van de kaders uit hoofdstuk 2 en de maatregelen in voorgaande paragraaf leidt tot een aantal ontwerputgangspunten. Het gaat hierbij om het schaalniveau wijk. Het afzien van maatregelen op wijkniveau leidt tot afwenteling naar gebouwniveau, voor zover dat mogelijk is.

Aangezien de nationale regelgeving en het concept gemeentelijk beleid, afgezien van de oriëntatiewaarde voor het GR, geen nadere ambities bevat, kunnen de volgende algemene ontwerputgangspunten die samenhangen met het stedenbouwkundig plan worden gehanteerd.

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 (ziekenhuis/brandweerkazerne).
3. beperk de bezettingsgraad van objecten en gebieden aan de zijde van de risicobron:
 - a. houdt afstand tot het spoor;
 - b. functies met een lage bezettingsgraad langs het spoor (park, water, parkeren/dienstweg);
 - c. 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.

Het organiseren van de beheersbaarheid van ongevallen en zelfredzaamheid van aanwezigen is geen ontwerputgangspunt bij het vormgeven van het stedenbouwkundig plan. De fysieke omgeving (gebouwen, wegen) scheppen wel voorwaarden voor het kunnen organiseren daarvan. Het spreekt voor zich dat een geschikt rampenbestrijdingsplan voor het spoor en ontruimingsplannen voor gebouwen onmisbaar zijn voor veilig vluchten en adequaat optreden van de hulpverleningsdiensten.

4.4 Analyse van alle mogelijke veiligheidsmaatregelen (eerste selectie)

Veiligheidsmaatregelen kunnen worden onderscheiden in direct werkende (proactieve en preventieve) maatregelen en *indirect werkende* (preparatieve en repressieve) maatregelen. Direct werkende maatregelen reduceren het fysisch effect of belasting van een ongeval door het realiseren van een (steden-)bouwkundige of een constructieve barrière / scheiding tussen de risicobron en -ontvanger.

Indirect werkende maatregelen kunnen de zelfredzaamheid van aanwezigen bevorderen. Indirecte maatregelen hebben tevens betrekking op de bestrijding van een ongeval. Dit is afhankelijk van het tijdsverloop van het incident met gevaarlijke stoffen.

Bij de analyse van de veiligheidsmaatregelen zijn de volgende uitgangspunten aangehouden:

- er zijn geen (bron)maatregelen onderzocht waarvan de realisatie door de gemeente redelijkerwijs niet valt af te dwingen. Het spoorvervoer van gevaarlijke stoffen wordt bijvoorbeeld als een gegeven beschouwd;
- maatregelen die vanuit een andere wetgeving worden voorgeschreven, zoals het Bouwbesluit, zijn niet nader onderzocht. Realisatie van deze maatregelen is immers een vaststaand gegeven;

- maatregelen dienen zoveel mogelijk óók de veiligheid in de bestaande omgeving te vergroten;
- voor het treffen van maatregelen zijn twee gebieden in beschouwing genomen, namelijk het gebied tussen de infrastructuur en bebouwing en de bebouwing zelf.

Voor Elst Centraal ligt het voor de hand om bouwkundige en constructieve maatregelen, alsmede maatregelen voor de hulpverlening en rampenbestrijding op gebouw- en respectievelijk wijkniveau te beschouwen. De stedenbouwkundige maatregelen op wijkniveau zijn hier zinvol te beschouwen door het gebouw in zijn omgeving te bekijken. Het niveau stad wordt niet betrokken in deze studie, dit is onderdeel van de ontwikkeling van de beleidsvisie externe veiligheid (voor de spoorzone) Overbetuwe.

In Tabel 2 is een overzicht gegeven van mogelijke veiligheidsmaatregelen ('de groslijst'). Per maatregel is het volgende aangegeven:

- typering 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 typering 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) piekoverdrukeffecten en (3) toxische belasting op basis van 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 (--).

Tijdens het overleg van 11 november 2009 is de eerste selectie van maatregelen gemaakt op basis van werkdocument I. Aan de hand van de ontwerputgangspunten uit paragraaf 3.2, de stedenbouwkundige voorwaarden uit tabel 1 en de maatregelen in tabel 2 is tijdens ontwerpatelier I de eerste selectie van maatregelen gemaakt. Bij deze eerste selectie zijn niet stedenbouwkundig inpasbare maatregelen gemotiveerd afgefallen. Voor elke maatregel is een motivatie opgenomen in bijlage 4. De geselecteerde maatregelen zijn grijs gearceerd weergegeven in tabel 2. Elke geselecteerde maatregel is in bijlage 4 nader beschouwd en toegepast op het plangebied. Per (cluster van) geselecteerde maatregelen is het volgende aangegeven:

1. algemene beschrijving
2. eerste selectie met motivatie
3. gebiedsgerichte toepassing
 - a. locatie van de maatregel
 - b. gebiedsgerichte toepassing (uitwerking van de maatregelen tot niveau tweede selectie)
4. samenhang met andere aspecten
5. kosten

Tabel 2
Kwalitatieve beschouwing van de maatregelen (1^{ste} selectie maatregelen grijs gearceerd)

Id	omschrijving maatregel (zie bijlage 4 voor een uitgebreide beschrijving)	typering			effectiviteit bescherming tegen:				steden- bouwkundig inpasbaar	haalbaarheid
		niveau	aard	locatie	warmte straling		piek overdruk	toxische belasting		
					GF ³	LF ⁴				
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	eventueel	--
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 aarden wal	W / G	-	T / O	++	++	++	+	nee	-
2D	beton muur vlak voor gebouwen	G	-	O	o	++	o	o	eventueel	+
3	plasbeperkende maatregelen (goot)	W / G	-	T / O	o	++	o	+	ja	+
4	hittewerend uitvoeren van de gevel van gebouwen	G	-	O	o	++	o	o	ja	++
4A	Strook 1 (eerste 30 meter)	G	-	O	o	++	o	o	ja	++
4B	Strook 1 + 2 (eerste 30 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	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	+
8C	voegdicht bouwen	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 bovenkant van gebouwen	G	-	O	o	o	o	+	ja	+
10	automatische afsluiten van openingen, airco's of ventilatiesystemen	G	-	O	o	o	o	++	ja	+
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	+

³ Brandbaar gas

⁴ Brandbare vloeistof

Id	omschrijving maatregel (zie bijlage 4 voor een uitgebreide beschrijving)	typering			effectiviteit bescherming tegen:				steden- bouwkundig inpasbaar	haalbaarheid
		niveau	aard	locatie	warmte straling		piek overdruk	toxische belasting		
					GP ³	LF ⁴				
13D	ondergrondse gebouwen	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						
15A	plas water / een park / begraafplaats of een parkeergarage langs het spoor	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	G	Z / B	O	+	+	o	+	ja	+
18	gasmaskers	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, 25 en 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	W / G	Z / B	O	+	+	+	+	ja	+
30	sturen van incidenten	W / G	Z / B	O	+	+	+	+	ja	+
31	risicocommunicatie	W / G	Z / B	O	o	+	+	+	ja	++

Voor met name maatregelen 16 tot en met 31 is een advies van de Veiligheidsregio van belang. Tijdens ontwerpatelier I is om een preadvies gevraagd. Van de lokale brandweer is een advies ontvangen. Dat advies komt aan de orde in paragraaf 3.4. Maatregel 23 is een ontwerputgangspunt voor de combinatie van maatregelen 16, 25 en 26.

Sommige maatregelen kunnen een positief effect hebben tegen een bepaalde belasting terwijl ze een negatief effect kunnen hebben op andere belastingen. Dit heeft invloed op de keuze voor de treffen maatregelen. Dit geheel geeft een globale rangschikking van de meest effectieve maatregelen.

4.5 Advies lokale brandweer

De lokale brandweer heeft in haar (CONCEPT) Advies Brandweer inzake Ontwerp Plangebied Elst Centraal van 9 december 2009 het volgende geconcludeerd. In bijlage 10 is het volledige advies opgenomen.

Bereikbaarheid

1. Het spoor moet bereikbaar zijn voor hulpverleningsdiensten. Dat betekent dat er langs het spoor ruimte moet zijn om voertuigen op te stellen en er moeten openingen (conform de toegankelijkheid in de geluidsschermen langs de Betuweroute) in de geluidsschermen gerealiseerd worden.
2. Met betrekking tot de bereikbaarheid van het plangebied en de opkomsttijden dient er een calamiteitenroute gerealiseerd te worden. Dit naast de normale verkeeraders. Ik adviseer dan ook de bestemde voetgangers- en fietstunnel toegankelijk te maken voor de hulpverleningsdiensten.

Bluswatervoorziening

Langs het spoor moeten bluswatervoorzieningen zijn met een gegarandeerde capaciteit van 360m³/per uur. Deze voorziening is ook aangelegd langs de Betuweroute en langs het spoor ter hoogte van de wijk Westeraam. Door het op de juiste wijze bestemmen van groenvoorzieningen en waterlopen kan de beschikbaarheid van voldoende bluswater gegarandeerd worden.

Waarschuwingssysteem

In het plangebied is op dit moment geen sprake van een dekkend sirenenetwerk. Daarom moet een sirenepunt in het gebied aan worden gelegd. Daarnaast moet de alarmering geoptimaliseerd worden omdat in het plangebied woningen nabij de spoorlijn worden gerealiseerd. Een voorbeeld hiervan is bijvoorbeeld sms alert.

Tijdens ontwerpatelier II zijn deze adviezen aan de orde gekomen en zijn deze, indien gewenst en voor zover nodig, geïntegreerd in het stedenbouwkundig ontwerp. Aanvullingen vanuit dat ontwerpatelier komen aan het eind van hoofdstuk 4 aan de orde.

4.6 Tweede selectie van maatregelen

De in dit hoofdstuk gepresenteerde extra maatregelen kunnen getroffen worden bij de realisatie van het plan Elst Centraal. Dit wil nog niet zeggen dat deze maatregelen nodig of gewenst zijn. Dit is immers een politiek-bestuurlijke beslissing, die gezamenlijk met de initiatiefnemer van dit plan genomen kan worden.

Of een maatregel zinvol is, kan onder andere beoordeeld worden door de kosteneffectiviteit van deze maatregel te beschouwen. Dit is in het volgende hoofdstuk uitgewerkt.

5. De kosteneffectiviteit van maatregelen

5.1 Inleiding kosteneffectiviteit

De afweging voor de tweede selectie van maatregelen vindt plaats aan de hand van kosteneffectiviteit van maatregelen. Hiervoor heeft DGMR een methodiek ontwikkeld. 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 kan worden afgeleid welke maatregelen nodig worden geacht voor het ruimtelijk besluit. Waarbij geldt dat maatregelen in het:

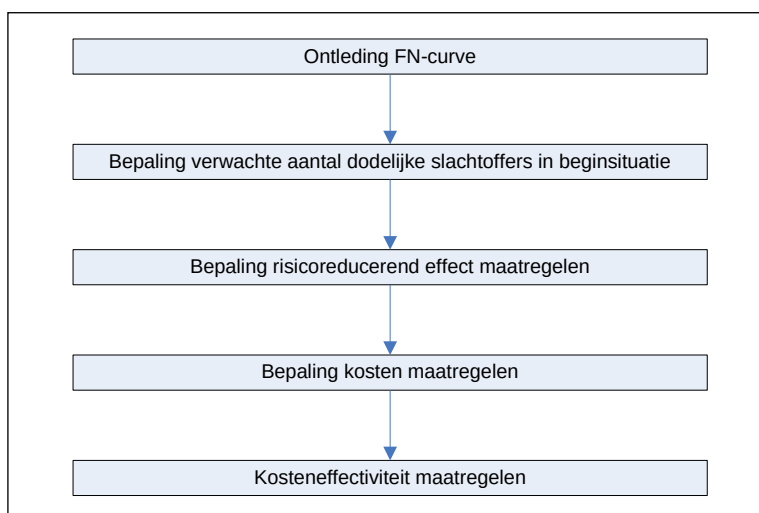
- groene gebied zeer kosteneffectief zijn → altijd treffen;
- oranje gebied in zekere mate kosteneffectief zijn → overwegen om te treffen;
- rode gebied niet-kosteneffectief zijn → alleen treffen om politieke of psychologische redenen.

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

Figuur 4: 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. Daarbij is ook de verdeling van de kosten over initiatiefnemer en gemeente van belang. De ligging van de grenzen tussen lage, middelmatige en hoge kosten is een politiek-bestuurlijke keuze. Hierbij kan gelden, dat bij een hoger risico een grotere investering op zijn plaats is. Uitdrukking in een percentage van de investeringskosten voor het project exclusief risicoreducerende maatregelen is hiervoor een mogelijkheid.

Om te komen tot het inzicht in de kosteneffectiviteit van maatregelen van figuur 3, moeten de stappen uit figuur 4 worden doorlopen. In bijlage 6 worden de methodiek en de achtergrond voor de bepaling van de kosteneffectiviteit in detail toegelicht.

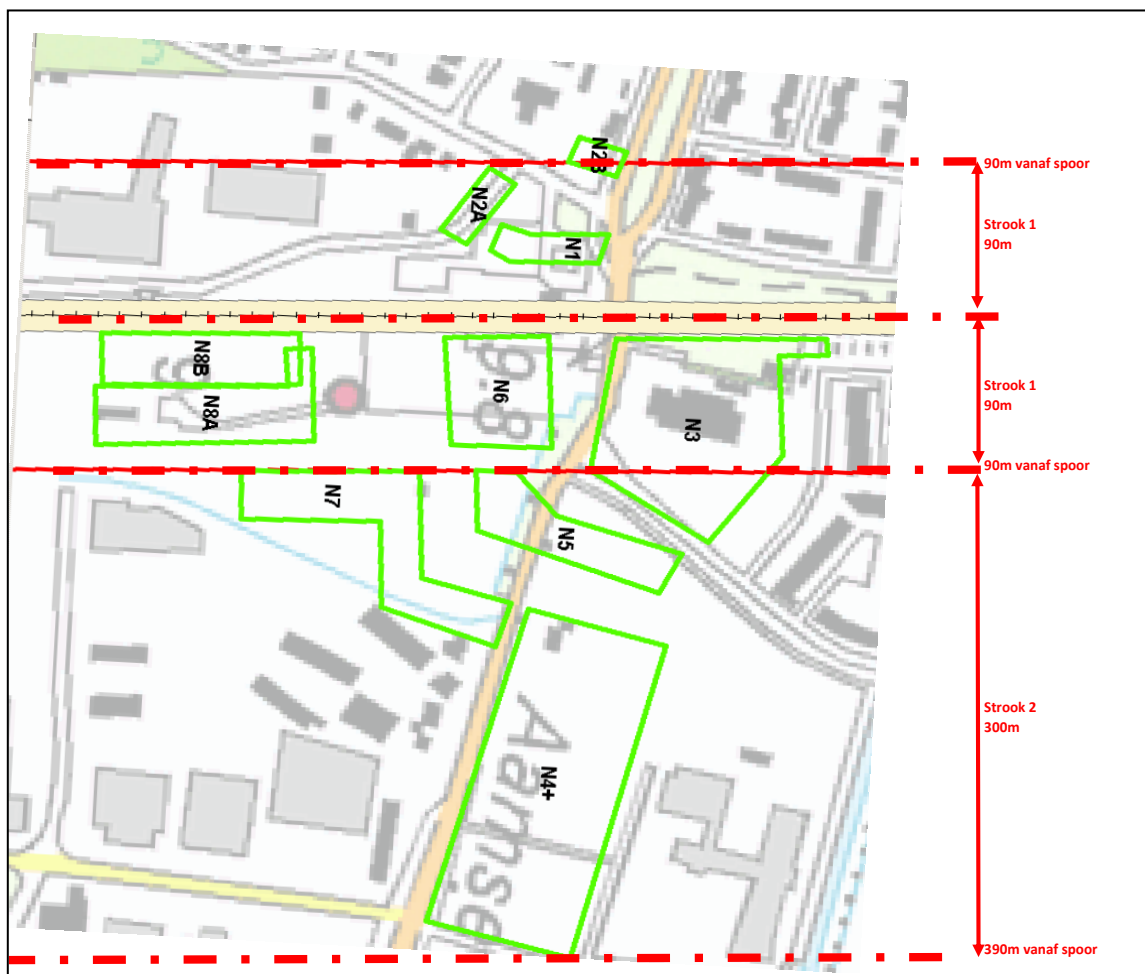


Figuur 5: bepaling kosteneffectiviteit van maatregelen

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

Op basis van het concept stedenbouwkundig plan en de aanwezigheidsgegevens uit de Risicoanalyse is het plangebied ingedeeld in gebieden met een min of meer homogene verdeling van personendichtheid. Tevens is het gebied ten behoeve van het bepalen van het risicoreducerend effect van maatregelen ingedeeld in twee stroken.



Figuur 6: plan Elst Centraal.

5.3 Bepaling kosteneffectiviteit van plan Elst Centraal

Bij de bepaling van de kosteneffectiviteit van plan Elst Centraal is de systematiek van figuur 4 en bijlage 6 gevolgd. In deze paragraaf is de deze systematiek stapsgewijs toegepast op het plan Elst Centraal.

Stap 1: ontleding van de FN-curve

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

Het aantal aanwezigen in het invloedsgebied

Het aantal aanwezigen in het invloedsgebied is voor drie stroken (twee van 90 meter en één van 300 meter) bepaald, zie figuur 5. Deze tactiek is gekozen om (1) het verwachte aantal dodelijke slachtoffers en (2) de maatregelen in een later stadium per deelgebied te bepalen. Tabel 3 bevat het aantal aanwezigen voor de dag en nacht per deelgebied in het invloedsgebied voor het plan Elst Centraal.

De nummering van deelgebieden in tabel 3 komt overeen met de nummering in figuur 5. Deze gegevens zijn overgenomen uit de stedenbouwkundige visie Elst Centraal en het DGMR-rapport 'Bestemmingsplan Elst Centraal, Overbetuwe Onderzoek externe veiligheid, risicoanalyse Spoor' van november 2009. In dit rapport zijn de gehanteerde aanwezigheidsfracties nader onderbouwd.

Tabel 3
Aantal aanwezigen N_{pi} in plan Elst Centraal

id	aantal mensen in strook 1		DAG	NACHT
N1	Stationsgebied West		50,7	48,0
N2	WW-unit (N2A en N2B)		16,0	16,0
N3	t Klooster		210,3	247,2
N6	Gemeentehuis/oostzijde Stationsplein Oost		366,7	0,0
N8A	Kantoor		216,7	0,0
N8B	Parkeergarage		0	0
SOM STROOK 1			860	311
	aantal mensen in strook 2			
N4+	De Woongaard		74,0	140,0
N5	woningen		78,0	156,0
N7	De Boog		76,4	144,8
SOM STROOK 2			228	441

Bepaling van ongevalfrequenties

Bij de ontleding van de FN-curve zijn de ongevalfrequenties bepaald. Hiermee kan het aantal dodelijke slachtoffers in de beginsituatie $E(N_d)_0$ worden bepaald. In deze studie zijn de ongevalfrequenties gebruikt die door de gemeente Overbetuwe via de TNO-rapportage behorend bij het 'Tracébesluit Sporen' in Arnhem zijn opgegeven. Hierbij is onderscheid gemaakt in twee scenario's voor het transport van gevaarlijke stoffen:

1. De realisatiecijfers van 2007 (Prorail, 2008), die in ontwerpatelier I als worst case scenario is benoemd
2. De marktverwachting voor 2020 (Prorail, 2007), die in ontwerpatelier I als realistisch scenario is benoemd

De ongevalfrequenties zijn weergegeven in tabel 4.

Tabel 4
Scenario's met ongevalfrequenties voor Elst Centraal

scenario	effect	stofcat	voorbeeldstof	ongevalscenario	ongevalfrequentie	
					1: 2007	2: 2020
1	warmte straling	A	propaan	fakkelbrand, continu	$1.17 \cdot 10^{-7}$	$3.57 \cdot 10^{-8}$
2	warmte straling	A	propaan	wolkbrand continu	$1.17 \cdot 10^{-7}$	$3.57 \cdot 10^{-8}$
3	warmte straling	A	propaan	wolkbrand instantaan	$3.13 \cdot 10^{-8}$	$9.52 \cdot 10^{-9}$
4	warmte straling	A	propaan	Koude BLEVE	$1.25 \cdot 10^{-7}$	$3.81 \cdot 10^{-8}$
5	piek overdruk	A	propaan	Koude BLEVE (warmtestraling is maatgevende effectafstand)		
6	warmte straling	A	propaan	warne BLEVE	$1.37 \cdot 10^{-7}$	$7.80 \cdot 10^{-8}$
7	piek overdruk	A	propaan	warne BLEVE (warmtestraling is maatgevende effectafstand)		
8	warmte straling	C3	hexaan	plasbrand 300 m2 (R=10m)	$4.85 \cdot 10^{-6}$	$5.36 \cdot 10^{-6}$
9	warmte straling	C3	hexaan	plasbrand 600 m2 (R=14m)	$3.23 \cdot 10^{-6}$	$3.57 \cdot 10^{-6}$
10	toxische belasting	D3	acrylnitril	vrijkomen toxische vloeistof 300 m2	$5.10 \cdot 10^{-8}$	0
11	toxische belasting	D3	acrylnitril	vrijkomen toxische vloeistof 600 m2	$3.40 \cdot 10^{-8}$	0
12	toxische belasting	D4	fluorwaterstof	vrijkomen toxische vloeistof 300 m2	$3.06 \cdot 10^{-7}$	$1.27 \cdot 10^{-7}$
13	toxische belasting	D4	fluorwaterstof	vrijkomen toxische vloeistof 600 m2	$2.04 \cdot 10^{-7}$	$6.80 \cdot 10^{-8}$
14	toxische belasting	B2	ammoniak	vrijkomen continu	$3.88 \cdot 10^{-7}$	$2.04 \cdot 10^{-8}$
15	toxische belasting	B2	ammoniak	vrijkomen instantaan, koude BLEVE	$2.58 \cdot 10^{-8}$	$1.36 \cdot 10^{-8}$
16	toxische belasting	B3	ammoniak	vrijkomen continu, warme BLEVE	$2.84 \cdot 10^{-9}$	$2.79 \cdot 10^{-8}$
17	toxische belasting	B3	chloor	vrijkomen instantaan	0	0

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 2. Bij de bepaling van deze waarde is rekening gehouden met een drietal aspecten:

1. De dag – nacht verhouding van het transport is 0.9:0.1
2. De dag – nacht verhouding van het aantal mensen aanwezig in het invloedsgebied
3. De letaliteitgrenzen 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 3. Het resultaat en de uitwerking van formule (21) voor het plan Elst Centraal worden gepresenteerd in tabel 5.

Tabel 5

Aandeel van scenario's in de verwachtingswaarde dodelijke slachtoffers

scenario	effect	stofcat.	ongevalscenario	aandeel $E(N_d)_0$ per scenario	
				'worstcase'	'realistisch'
1	warmte straling	A	fakkelfbrand, continu	$8.5 \cdot 10^{-5}$	$2.6 \cdot 10^{-5}$
2	warmte straling	A	wolkbrand continu	$9.1 \cdot 10^{-5}$	$2.8 \cdot 10^{-5}$
3	warmte straling	A	wolkbrand instantaan	$2.9 \cdot 10^{-5}$	$8.8 \cdot 10^{-6}$
4	warmte straling	A	koude BLEVE	$1.1 \cdot 10^{-4}$	$3.5 \cdot 10^{-4}$
5	piek overdruk	A	koude BLEVE	Nvt	Nvt
6	warmte straling	A	warme BLEVE	$1.4 \cdot 10^{-4}$	$7.7 \cdot 10^{-5}$
7	piek overdruk	A	warme BLEVE	Nvt	Nvt
8	warmte straling	C3	plasbrand 300 m2	$7.8 \cdot 10^{-4}$	$8.6 \cdot 10^{-4}$
9	warmte straling	C3	plasbrand 600 m2	$1.0 \cdot 10^{-3}$	$1.3 \cdot 10^{-3}$
10	toxische belasting	D3	vrijkomen toxische vloeistof 300 m2	$9.5 \cdot 10^{-6}$	$1.9 \cdot 10^{-5}$
11	toxische belasting	D3	vrijkomen toxische vloeistof 600 m2	$1.3 \cdot 10^{-5}$	$2.5 \cdot 10^{-4}$
12	toxische belasting	D4	vrijkomen toxische vloeistof 300 m2	$2.7 \cdot 10^{-4}$	$9.0 \cdot 10^{-5}$
13	toxische belasting	D4	vrijkomen toxische vloeistof 600 m2	$2.1 \cdot 10^{-4}$	$6.8 \cdot 10^{-4}$
14	toxische belasting	B2	vrijkomen continu	$3.9 \cdot 10^{-6}$	$2.1 \cdot 10^{-5}$
15	toxische belasting	B2	vrijkomen instantaan	$2.4 \cdot 10^{-6}$	$1.3 \cdot 10^{-5}$
16	toxische belasting	B3	vrijkomen continu	$2.8 \cdot 10^{-6}$	$2.8 \cdot 10^{-5}$
17	toxische belasting	B3	vrijkomen instantaan	0	0
			$E(N_d)_0$	$2.8 \cdot 10^{-3}$	$3.6 \cdot 10^{-3}$

Het totaal gecumuleerde aantal verwachte dodelijke slachtoffers (ten gevolge van transport gevaarlijke stoffen) ($E(N_d)_0$) bedraagt 1 per 1000 jaar ($1 \cdot 10^{-3}$) voor het worst case scenario en 1,3 per 1000 jaar ($1.3 \cdot 10^{-3}$) voor het realistisch scenario. Het grootste aandeel voor het aantal verwachte dodelijke slachtoffers in dit plangebied wordt met name veroorzaakt door de plasbrand.

Stap 3: bepaling risicoreducerend effect van een maatregel

In het kader van 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 letaliteitwaarden van scenario's wel in strook 1 vallen en 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 terug te vinden in bijlage 7. De verwachtingswaarde van het aantal dodelijke slachtoffers per maatregel is bepaald met behulp van vergelijking (21) in bijlage 3. Hieruit is het risicoreducerend effect $\Delta E(N_d)$ per maatregel bepaald. Dit is in de 5^e kolom van tabel 5 weergegeven.

Stap 4: bepaling kosten maatregelen

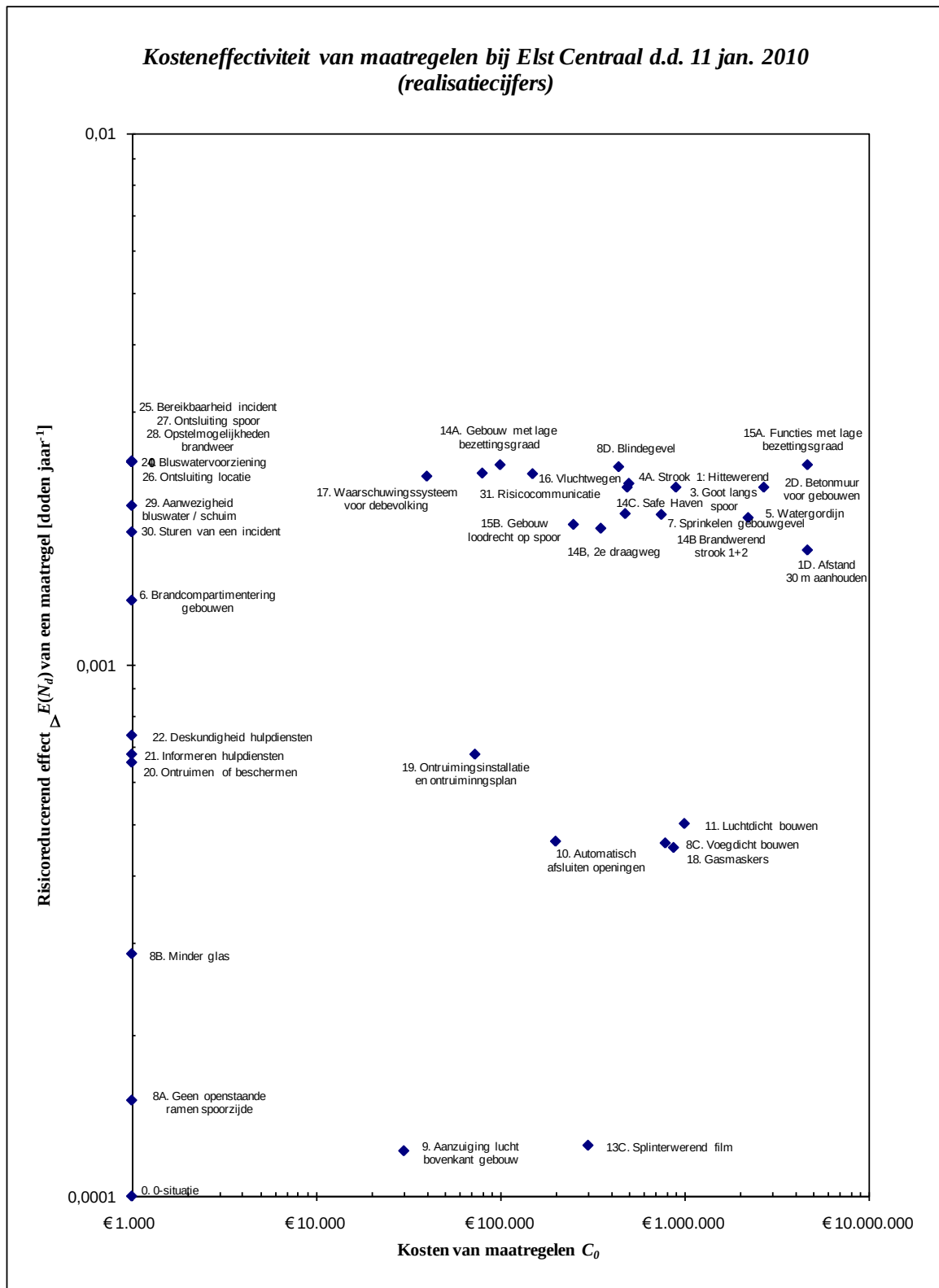
De kosten zijn nader gespecificeerd in bijlage 9 en grotendeels volgens opgaaf van de gemeente. De kosten staan samen met het risicoreducerend effect in tabel 6 weergegeven.

Tabel 6
Risicoreducerend effect en de (inschatting) kosten van maatregelen.

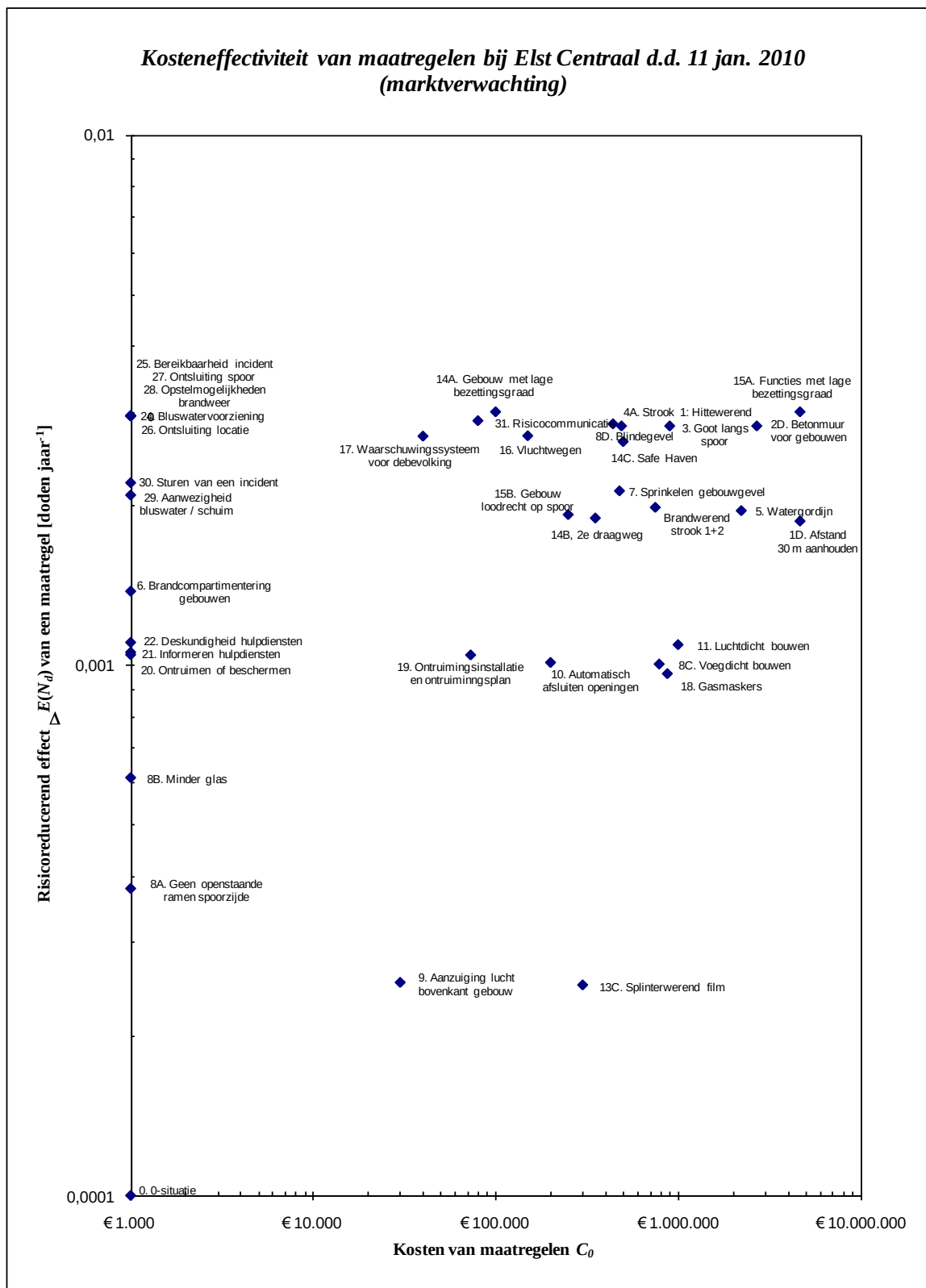
id	omschrijving maatregel	risicoreducerend effect van maatregelen $\Delta E(N_d)$		kwantitatieve kosten conform bijlage 9
		worstcase	realistisch	
0	"0-situatie"	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	€ 1.000
1D	Afstand 30m	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$1,9 \cdot 10^{-3}$	€ 4.657.500
2D	Betonmuur vlak voor gebouwen	$2,2 \cdot 10^{-3}$	$2,8 \cdot 10^{-3}$	€ 2.700.000
3	Plasbeperkende maatregel: goot onder / langs spoor	$2,2 \cdot 10^{-3}$	$2,8 \cdot 10^{-3}$	€ 900.000
4A	Hittewerend uitvoeren van gevel van gebouwen strook 1	$2,2 \cdot 10^{-3}$	$2,8 \cdot 10^{-3}$	€ 489.700
4B	Hittewerend uitvoeren van gevel van gebouwen strook 1+2	$1,9 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	€ 750.000
5	Watergordijn langs gevel in strook I	$1,9 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	€ 2.220.000
6	Brandcompartimentering gebouwen	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$	€ 1.000
7	Sprinklersysteem aan gebouwen langs spoor	$1,9 \cdot 10^{-3}$	$2,1 \cdot 10^{-3}$	€ 477.400
8A	Geen openslaande ramen aan spoorzijde	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$3,7 \cdot 10^{-4}$	€ 1.000
8B	Minder glas in gevelornamenten aan spoorzijde	$2,9 \cdot 10^{-4}$	$6,1 \cdot 10^{-4}$	€ 1.000
8C	Voegdicht bouwen + controle + kleine overdruk gebouw	$4,6 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	€ 787.750
8D	Blinde gevel spoorzijde	$2,4 \cdot 10^{-3}$	$2,8 \cdot 10^{-3}$	€ 440.000
9	Aanzuiging lucht bovenkant gebouwen	$1,2 \cdot 10^{-4}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	€ 30.000
10	Automatisch afsluiten van openingen, airco's of ventilatiesysteem	$4,7 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	€ 200.000
11	Luchtdicht bouwen + interne ventilatie	$5,0 \cdot 10^{-4}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	€ 1.000.000
13C	Splinterwerende film op glas	$1,2 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$	€ 300.000
13D	Ondergrondse gebouwen (deels)	$2,7 \cdot 10^{-3}$	$3,5 \cdot 10^{-3}$	€ 100.000
14A	Gebouw met lage bezettingsgraad langs spoor	$2,4 \cdot 10^{-3}$	$3,0 \cdot 10^{-3}$	€ 352.000
14B	Bescherming dragende delen hoogbouw (2e draagweg)	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$1,9 \cdot 10^{-3}$	€ 500.000
14C	Safe Haven	$2,2 \cdot 10^{-3}$	$2,6 \cdot 10^{-3}$	€ 250.000
15A	Functies met lage bezettingsgraad langs spoor	$2,4 \cdot 10^{-3}$	$3,0 \cdot 10^{-3}$	€ 150.000
15B	Gebouw loodrecht op het spoor	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$1,9 \cdot 10^{-3}$	€ 240.000
16	Vluchten van het spoor af	$2,3 \cdot 10^{-3}$	$2,7 \cdot 10^{-3}$	€ 40.000
17	Waarschuwingssysteem voor bevolking	$2,3 \cdot 10^{-3}$	$2,7 \cdot 10^{-3}$	€ 873.735
18	Gasmaskers	$4,5 \cdot 10^{-4}$	$9,6 \cdot 10^{-4}$	€ 73.000
19	Ontruimingsinstallatie + ontruimingsplan	$6,8 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	€ 1.000
20	Afweging ontruimen of beschermen	$6,8 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	€ 1.000
21	Adequaat informeren hulpdiensten	$6,6 \cdot 10^{-4}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	€ 1.000
22	Deskundigheid hulpdiensten	$7,4 \cdot 10^{-4}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	€ 1.000
24	Voldoende bluswatervoorziening	$2,4 \cdot 10^{-3}$	$2,9 \cdot 10^{-3}$	€ 1.000
25	Bereikbaarheid incident	$2,4 \cdot 10^{-3}$	$2,9 \cdot 10^{-3}$	€ 1.000
26	Ontsluiting van de locatie	$2,4 \cdot 10^{-3}$	$2,9 \cdot 10^{-3}$	€ 1.000
27	Ontsluiting van het spoor (dienstweg)	$2,4 \cdot 10^{-3}$	$2,9 \cdot 10^{-3}$	€ 1.000
28	Opstel mogelijkheden brandweer	$2,4 \cdot 10^{-3}$	$2,9 \cdot 10^{-3}$	€ 1.000
29	Aanwezigheid bluswater / schuim	$2,0 \cdot 10^{-3}$	$2,1 \cdot 10^{-3}$	€ 1.000
30	Sturen van een incident	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$2,2 \cdot 10^{-3}$	€ 1.000
31	Risicocommunicatie + oefenen	$2,3 \cdot 10^{-3}$	$2,9 \cdot 10^{-3}$	€ 80.000

Stap 5: resultaten kosteneffectiviteit maatregelen bij Elst Centraal

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. In figuren 6 en 7 is het risicoreducerend effect ($E(N_d)$) uitgezet tegen de kosten van de maatregel (C_0) in een scatter-diagram. Hierin is het volgende te zien: (1) des te hoger in het diagram, des te hoger het risicoreducerend effect van de maatregel en (2) des te meer rechts in het diagram, des te duurder de maatregel.



Figuur 7: risicoreducerend effect van maatregelen uitgezet tegen de kosten van maatregelen voor het worstcase scenario (realisatiecijfers 2007)



Figuur 8: risicoreducerend effect van maatregelen uitgezet tegen de kosten van maatregelen voor het realistisch scenario (marktverwachting voor 2010)

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 Elst centraal wel een hoog risicoreducerend effect. Maatregelen tegen explosies zijn, zowel in constructief als in financieel opzicht, zeer moeilijk te realiseren. Immers, maatregelen als 'gebouwen als bunkers' zijn tijdens de eerste selectie van maatregelen al afgefallen.

Uit de figuren blijkt voorts dat tussen de twee scenario's geen relevant verschil zit in de kosteneffectiviteit van maatregelen. De verhouding tussen de kans op de drie effecten is blijkbaar min of meer gelijk. De kosteneffectiviteit van maatregelen is daarom van een zelfde orde van grootte. In het vervolg is daarom uitgegaan van de marktverwachting voor 2020.

5.4 Mogelijke classificatie van kosteneffectiviteit plan Elst Centraal

Om af te leiden welke maatregelen nodig worden geacht voor het ruimtelijk besluit, is de kosteneffectiviteit van maatregelen conform figuur 3 geclassificeerd. Hierbij is het meest gangbare uitgangspunt genomen om het risicoreducerend effect en de kosten van maatregelen te classificeren, namelijk het gebruikmaken van een logaritmische schaal (zie bijv. tabel B.1). Dit leidt tot het inzicht in figuur 8.

		Kosten van maatregelen		
		Laag	Middelmatig	Hoog
Risicoreducerend effect van maatregelen	Hoog	24: Voldoende bluswatervoorziening 25: Bereikbaarheid incident 26: Ontsluiting van de locatie 27: Ontsluiting van het spoor (dienstweg) 28: Opstel mogelijkheden brandweer 29: Aanwezigheid bluswater / schuim 30: Sturen van een incident	14A: Gebouwfuncties met lage bezettingsgraad langs spoor 16: Vluchten van het spoor af 17: Waarschuwingssysteem voor bevolking 31: Risicocommunicatie 7: Sprinklersysteem aan gebouwen langs spoor 4A: Hittewerend uitvoeren van gevel van gebouwen strook 1 8D: Blinde gevel spoorzijde 14B: 2e draagweg 14C: Safe Haven 15B: Gebouw loodrecht op het spoor	3: Plasbeperkende : goot onder / langs spoor 1D: Afstand 30m 15A: Functies met lage bezettingsgraad langs spoor 2D: Betonmuur vlak voor gebouwen 5: Watergordijn langs gevel in strook I 4B: Hittewerend uitvoeren van gevel van gebouwen strook 1+2
	Middelmatig	6: Brandcompartimentering gebouwen 20: Afweging ontruimen of beschermen 21: Adequaet informeren hulpdiensten 22: Deskundigheid hulpdiensten	19: Ontruimingsinstallatie + ontruimingsplan 10: Automatisch afsluiten van openingen, airco's of ventilatiesysteem	8C: Voegdigt bouwen + controle + kleine overdruk gebouw 11: Luchtdicht bouwen + interne ventilatie 18: Gasmaskers
	Laag	8B: Minder glas in gevelornamenten aan spoorzijde 8A: Geen openslaande ramen aan spoorzijde	9: Aanzuiging lucht bovenkant gebouwen 13C: Splitterwerende film op glas	

Figuur 9: classificatie van het risicoreducerend effect van maatregelen uitgezet tegen de kosten van maatregelen

Deze classificatie is slechts een mogelijke indeling voor de kosten en het risicoreducerend effect. Deze kan uiteraard verschillen vanuit een ander perspectief. 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. Gezien de omvang van het groepsrisico is het aan te bevelen de maatregelen in het groene gebied te overwegen. Het is van belang om de (steden-)bouwkundige inpasbaarheid wederom te beoordelen.

5.5 Kiezen van maatregelen

Tijdens de ontwerpateliers en daarna heeft de gemeente een aantal keuzes gemaakt; van grof naar fijn. De kosteneffectiviteit van maatregelen (figuur 8) en het advies van de lokale brandweer was daarbij een hulpmiddel. De keuzes aangaande de beheersbaarheid zijn mede op basis van het aanvullend advies (concept, 17 januari 2010) van de lokale brandweer tot stand gekomen. In bijlage 11 is het volledige advies opgenomen.

Aanvullend advies Brandweer

Zelfredzaamheid

Een aandachtspunt hierbij is dat er zich functies met zeer veel bezoekers (Huis der Gemeente) in het plangebied bevinden. Daarnaast kan geconcludeerd worden dat de ontruiming van de voorgestelde panden/voorgesteld plangebied voor problemen kan zorgen. Er is in het stedenbouwkundig ontwerp immers slechts één voor hulpdiensten te berijden rechtstreekse route.

Bereikbaarheid

Met betrekking tot de bereikbaarheid en ontvluchting van het plangebied dient er een calamiteitenroute gerealiseerd te worden. Geadviseerd wordt dan ook de bestemde voetgangers – en fietstunnel toegankelijk te maken voor de hulpverleningsdiensten.

Bluswatervoorziening

Langs het spoor moeten bluswatervoorzieningen gecreëerd worden met een gegarandeerde capaciteit van 6000 liter per minuut. Deze voorziening heeft men ook aangelegd langs de Betuweroute en langs het spoor ter hoogte van de wijk Westeraam.

Bereikbaarheid van het spoor

De bereikbaarheid van het spoor dient op alle punten langs het spoor gewaarborgd te worden. Dit is noodzakelijk om calamiteiten op het spoor snel te kunnen bestrijden.

De regionale brandweer was aanwezig bij de ontwerpateliers en is in de gelegenheid gesteld om advies uit te brengen. Dit advies is ontvangen als reactie op het voorontwerp bestemmingsplan Infra. De gemeente gaat in op deze adviezen en in het overleg gegeven adviezen. Met de inzichten uit ontwerpatelier II en een aanvullend advies van de lokale brandweer zijn mogelijkheden voor beheersbaarheid beter in beeld gebracht. De gemaakte keuzes staan in hoofdstuk 6.

6. Invulling verantwoordingsplicht groepsrisico

Na het nemen van maatregelen blijft altijd een restkans op een effect van een ongeval bestaan. Een effect kan dus nog altijd optreden, maar de kans op en het effect van een ongeval is zoveel als redelijkerwijs mogelijk beperkt. Dit restrisico is de door het bestuur te accepteren 'mate van onveiligheid'. In hoofdstuk 4 is al aangegeven dat het bevoegd gezag de aanvaardbaarheid van het restrisico op basis van de criteria uit de Circulaire RNVGS beoordeeld. De criteria uit de Circulaire RNVGS staan hieronder nogmaals samengevat:

1. De aanwezige dichtheid van personen in het invloedsgebied
 2. De hoogte van het groepsrisico ten opzichte van de oriënterende waarde, voor en na het ruimtelijk besluit
 3. Voor- en nadelen van ruimtelijke alternatieven met een lager groepsrisico (nut en noodzaak van de ontwikkeling)
 4. Mogelijkheden tot beperking groepsrisico (nu en in de toekomst)
 5. Mogelijkheden tot voorbereiding en bestrijding van een ramp (veiligheidsketen)
 6. Mogelijkheden voor zelfredzaamheid en vluchtmogelijkheden aanwezig
- In paragraaf 6.1 tot en met 6.3 komen deze criteria achtereenvolgens aan de orde.

De gemaakte keuzes in ontwerpatelier I zijn samengevat in paragraaf 2.2, 3.4 en bijlage 4. Tijdens en na ontwerpatelier II zijn keuzes gemaakt met de resultaten van hoofdstuk 5 als hulpmiddel. De gemaakte keuzes vormen het veiligheidsgeïntegreerd ontwerp en staan als resultaat in dit hoofdstuk. Dit hoofdstuk bevat hiermee het ambtelijk voorstel voor de invulling van de verantwoordingsplicht groepsrisico. Dit is voorgelegd aan het bestuur van de gemeente Overbetuwe.

De gemeente beoordeelt uiteindelijk in fase 3 in de paragraaf externe veiligheid de aanvaardbaarheid van risico's. Na het nemen van maatregelen blijft altijd een kans op een effect van een ongeval bestaan. Echter, de kans op en het effect van een ongeval is met het nemen van een set van maatregelen zoveel als redelijkerwijs mogelijk beperkt.

6.1 Omvang van het groepsrisico

Het plan omvat een combinatie van functies, waaronder wonen en kantoren. Figuur 1 in dit rapport geeft een beeld van de te realiseren functies.

Met de realisatiecijfers van 2007 wordt de oriëntatiewaarde voor het groepsrisico inclusief het plan overschreden. Het groepsrisico van het spoor voor het jaar 2020 stijgt als gevolg van de vaststelling van het bestemmingsplan 'Huis der Gemeente' van 0,1 maal de oriëntatiewaarde naar 0,2 maal de oriëntatiewaarde. Deze resultaten zijn in bijlage 2 nader toegelicht. Het groepsrisico stijgt als gevolg van het plan. Het bevoegd gezag moet daarom de verantwoordingsplicht groepsrisico invullen.

6.2 Ruimtelijke alternatieven

De locatie heeft een uniek karakter. Door de centrale ligging tussen de vier kwadranten die in de ruimtelijk visie naar voren komen is het gebied te karakteriseren als schakel. In het plan komt deze visie duidelijk naar voren. Intensief en vooral gemengd gebruik van deze locatie is daarom wenselijk vanuit stedenbouwkundig perspectief. Temeer omdat het een infrastructureel knooppunt betreft en de diverse gebiedstypen met elkaar verbindt. De stationslocatie moet het visitekaartje gaan vormen van Elst. Bij de functionele indeling binnen het plan is wel rekening gehouden met de locatie van risicobronnen.

De locaties met een hoge bebouwingsdichtheid zijn vlak bij het station gelegd zodat optimaal geprofiteerd kan worden van de vervoersmogelijkheden hiervan. Het gebruik van een stationslocatie als intensieve gebruikruimte is algemeen geaccepteerd.

Het gebied direct langs het spoor is een zichtlocatie. Vanuit economisch perspectief is het logisch hier de kantorenopgave uit het functionele programma van het plan uit te voeren. Vanuit het perspectief van externe veiligheid is de bouw van kantoren in de nabijheid van deze risicobron wenselijker dan woningen.

6.3 Selectie van maatregelen

De invulling van criteria 4, 5 en 6 vindt plaats door middel van het selecteren van maatregelen. Extra maatregelen treffen in het plan Elst Centraal is mogelijk. In bijlage 4 zijn de maatregelen nader toegelicht. Hieronder komen de gekozen maatregelen aan bod.

6.3.1 Maatregelen aan gebouwen

Brandcompartimentering van gebouwen (maatregel 6) is verplicht volgens het bouwbesluit. Dit is een kosteneffectieve maatregel. Bij ontwerp compartimentering aanvullend rekening houden met effecten van buitenaf.

De gemeente integreert voorts twee bouwkundige maatregelen in de gebouwen in het plan. De gebouwen aan de spoorzijde zullen zo min mogelijk glas en gevelornamenten bevatten (Maatregel 8B). Vanuit het perspectief van geluid worden gevels aan de spoorzijde 'doof' uitgevoerd. Hiermee wordt invulling gegeven aan de maatregel geen openslaande ramen (maatregel 8A).

6.3.2 Organisatorische maatregelen ten behoeve van de hulpverlening op wijk- en gebouwniveau

De gemeente kiest ervoor om alle maatregelen in het groene gebied van figuur 8 te integreren in het plan. Dit zijn de volgende kosteneffectieve maatregelen:

20: Afweging ontruimen of beschermen, 21: Adequaat informeren hulpdiensten, 22: Deskundigheid hulpdiensten, 24: Voldoende bluswatervoorziening,
25: Bereikbaarheid incident, 26: Ontsluiting van de locatie, 27: Ontsluiting van het spoor (dienstweg), 28: Opstel mogelijkheden brandweer, 29: Aanwezigheid bluswater / schuim en
30: Sturen van een incident

Dit betreft vooral maatregelen die de beheersbaarheid van ongevallen vergroten. Tijdens ontwerpatelier II en in het aanvullend advies van de lokale brandweer (bijlage 11) is nader invulling gegeven aan het aspect beheersbaarheid. Bij de verdere uitwerking van het plan Elst Centraal en het opstellen van een algemeen Rampenbestrijdingsplan (in 2010) is uitwerking en daarna invoering van deze maatregelen nodig.

6.3.2.1 Bluswatervoorziening

De lokale brandweer adviseert het toepassen van droge blusleidingen (maatregel 24). Deze maatregel is ook toegepast bij de realisatie van de wijk Westeraam. Het advies van de lokale brandweer wordt overgenomen. Dit komt neer op de realisatie van voldoende bluswater (6000 liter per minuut = 360 m³ per uur). Het systeem zal overeenkomstig de situatie ten noorden van het plangebied (Westeraam) worden uitgevoerd. Voor een nadere toelichting wordt verwezen naar bijlagen 10 en 11 van dit rapport. Deze veiligheidsvoorziening zal de gemeente nader uitwerken in de inrichtingsplannen. Het bestemmingsplan 'Huis der Gemeente' biedt hier een passend kader voor. In het grondexploitatieplan wordt budget gereserveerd.

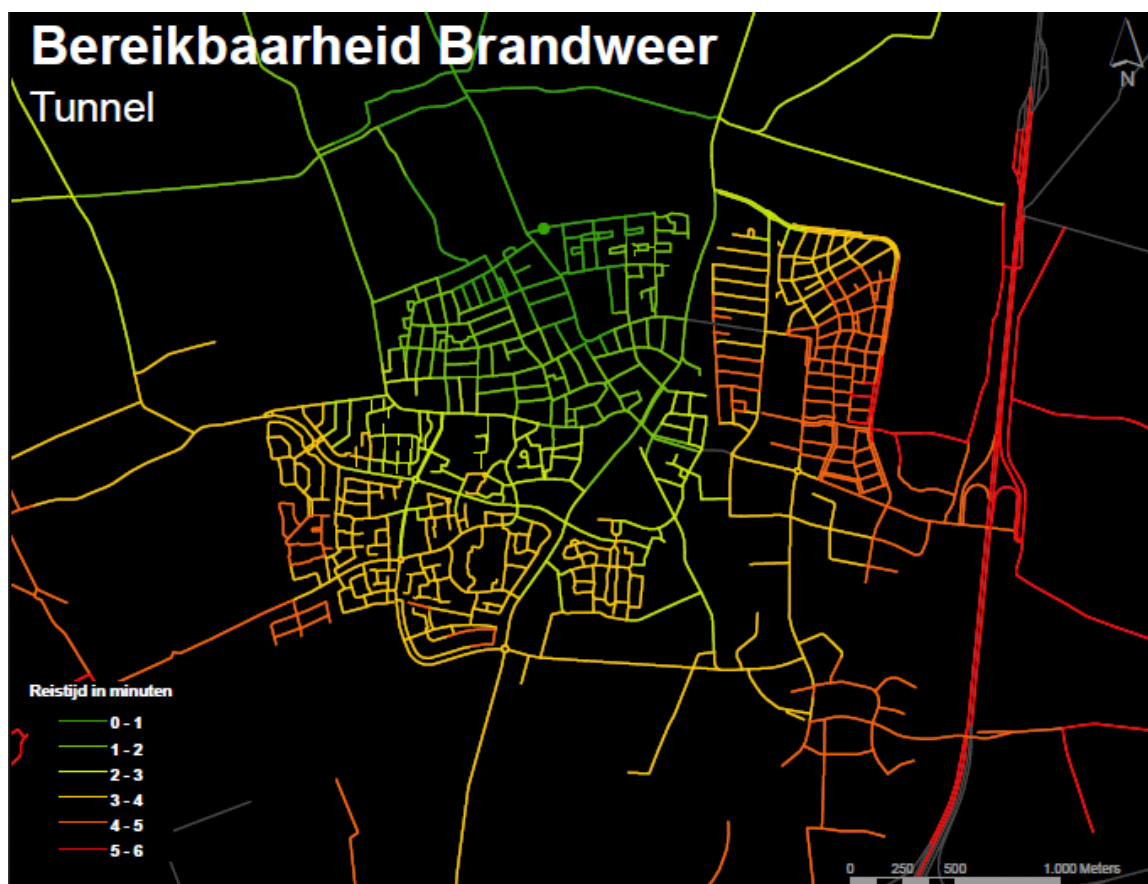
6.3.2.2 Bereikbaarheid

Het tijdig kunnen bereiken van een ongevallocatie en bluswatervoorziening is essentieel. De brandweerkazerne ligt aan de oostzijde en het plan aan de westzijde van het spoor. Het beheersen van een ramp zal dus voor een groot deel ook aan de oostzijde moeten kunnen plaatsvinden. De brandweer constateert in haar aanvullend advies dat in het geval van een calamiteit het bereiken van het plangebied lastig is door het feit dat slechts één tunnel onder het spoor door geschikt is voor brandweervoertuigen. Door die tunnel kunnen in geval van een calamiteit ook mensen vluchten, of hij kan om anderen reden geblokkeerd zijn. De lokale brandweer adviseert dan ook de bestemde voetgangers – en fietstunnel toegankelijk te maken voor de hulpverleningsdiensten.

De voor deze maatregel noodzakelijke verdieping van de tunnel leidt tot een onacceptabel impact op het plangebied en mogelijk ook daarbuiten. De gemeente concludeert dat deze maatregel stedenbouwkundig niet inpasbaar is. Daarnaast is deze maatregel zeer kostbaar. Deze maatregel valt onder de noemer 'bereikbaarheid locatie' (maatregel 26), maar de kosten zijn dus hoger dan in hoofdstuk 4 ingeschat.

Het risicoreducerend effect van alleen deze maatregel is als middelmatig ingeschat. De beschikbare tunnel zal immers niet altijd geblokkeerd zijn. Daarnaast is het gezien de functie en centrale ligging van de fiets- en looptunnel waarschijnlijk dat veel onbeschermden mensen, indien zij naar de overzijde van het spoor willen, hier gebruik van maken, waardoor gebruik van de autotunnel voor hulpverleningsdiensten voor de hand ligt. Dit is bovendien een verbetering ten opzichte van de huidige situatie, waarin alleen gelijkvloerse kruisingen aanwezig zijn (deze overwogen zijn +/- 24 minuten per uur dicht). De gemeente merkt deze maatregel daarom naast niet stedenbouwkundig inpasbaar aan als niet kosteneffectief (rode gebied in figuur 8).

De bereikbaarheid van de locatie voor hulpverleningsdiensten is hiermee mogelijk alleen in geval van een blokkade van de autotunnel niet optimaal. In het figuur hieronder zijn de opkomsttijden van de brandweer weergegeven. Hierin is nog niet de noordtangent opgenomen. Deze zou nog een verdere bijdrage leveren aan de bereikbaarheid van Westeraam. Uit figuur 10 blijkt dat de opkomsttijden binnen de 5 minuten ligt.



Figuur 10 bereikbaarheid Brandweer.

De verandering van de verkeersstructuur met de tunnel in Elst Centraal en de tangentstructuur leidt tot een verbetering van de bereikbaarheid en de betrouwbaarheid van het verkeersnetwerk. In zijn algemeenheid (ook buiten het plangebied) betekent dit een verbetering van de calamiteitenroute en daarmee de bereikbaarheid van ongevallen.

Een overweging – die overigens buiten het project Elst Centraal valt – is het verplaatsen van de brandweerkazerne naar de westzijde of het realiseren van een nieuwe aldaar. Bij de ontwikkeling van het Rampenbestrijdingsplan kan dit een overweging zijn, waarbij de doelmatigheid hiervan in een breder perspectief kan worden geplaatst.

Ten behoeve van de bereikbaarheid (maatregel 25) van het spoor zelf zijn opstelplaatsen en routes in het plangebied nodig. Met inachtneming van de door lokale brandweer geadviseerde afstanden is de ligging van opstelplaatsen (maatregel 28) bepaald. De voorgenomen ligging is weergegeven in bijlage 12.

Ter hoogte van de P+R bij het kantoor wordt een afstand aangehouden tussen spoor en parkeergarage zodat brandweervoertuigen hiertussen kunnen komen. Dit geldt eveneens voor het Huis der Gemeente De opstelplaats bij Het Klooster behoeft een doorgang door de geluidwal of tussen de wal en de bebouwing (maatregel 27). De maatregel is inpasbaar en wordt geïntegreerd in het plan. De kosten van deze toegangsdeur worden opgenomen in de grondexploitatie.

6.3.3 Maatregelen ten behoeve van de zelfredzaamheid op wijk- en gebouw niveau

Het vluchten van het spoor af is op gebiedsniveau reeds voor een groot deel geïntegreerd in het plan (maatregelen 16). De lokale brandweer geeft aan dat uit recent onderzoek is gebleken dat mensen de voorkeur hebben voor het gebruiken van de route die zij op de 'heenweg' hebben genomen. Dat kan de autotunnel zijn of een andere route die de hulpverleningdiensten gebruiken om een ongeval te bereiken. Bij de verdere uitwerking van het plan streeft de gemeente ernaar vluchtroutes zoveel mogelijk van het spoor af te richten. Het volledig ontvlechten van aanrijroutes en vluchtroutes is in de beperkte ruimte niet mogelijk.

De gebouwen zijn reeds deels loodrecht op het spoor geprojecteerd (maatregel 15B). Bij de uitwerking van gebouwen worden voorts de hoofduitgangen zoveel mogelijk van het spoor afgericht (maatregel 16). Het is aannemelijk dat personen bij voorkeur via deze uitgang het pand verlaten. De interne vluchtwegen in gebouwen zullen bij de uitwerking van de gebouwen zoveel mogelijk loodrecht op het spoor staan en vluchtrappen komen niet aan de spoorzijde. Via de infrastructuur is verder vluchten van het spoor af mogelijk.

Voorts worden functies in gebouwen met een lage bezettingsgraad zo veel mogelijk aan de spoorzijde geplaatst. Het gaat hierbij bijvoorbeeld gaan om bergingen, sanitaire ruimtes en archiefruimten (maatregel 14A).

Naar aanleiding van ontwerpatelier II is het Huis der Gemeente verder van het spoor geprojecteerd vanwege externe veiligheid. Hier is nu een fietsenstalling aan de spoorzijde geprojecteerd (maatregel 15A, gedeeltelijk). Dit heeft net als bij de kantoorzone (zie tabel 1, punt 8) een positief effect.

Het WAS-systeem (sirenes) is volgens beschikbaar kaartmateriaal overal hoorbaar in het gebied (maatregel 17). In het bestemmingsplan wordt de mogelijkheid opgenomen om, indien onverhoopt toch nodig, een WAS sirene op het dak van het Huis der Gemeente te plaatsen.

6.4 Risicoreductie in de nabije toekomst

Gemeentebrede initiatieven voor het verhogen van de veiligheid rondom het spoor hebben ook invloed op dit plan. De gemeente Overbetuwe werkt momenteel in een regionaal kader aan een beleid externe veiligheid voor haar grondgebied. Risico's van het spoor vormen hierbij een van de belangrijkste aandachtspunten. Tevens wordt in 2010 een nieuw rampenbestrijdingsplan verwacht.

Op 5 maart 2010 heeft de minister van Verkeer en Waterstaat de Tweede Kamer per brief (kenmerk: VENW/DGMO-2010/2214) geïnformeerd over het 'warme BLEVE⁵ vrij' (WBV) samenstellen van treinen met gevaarlijke stoffen. De minister heeft van de meeste betrokken bedrijven schriftelijke toezeggingen ontvangen dat zij zich maximaal zullen inspannen om zoveel mogelijk treinen WBV samen te stellen. Het kabinet streeft ernaar om deze toezeggingen in één convenant vast te leggen. Uitvoering van deze bronmaatregelen voor het spoor levert een aanzienlijke veiligheidswinst op voor het plan Elst Centraal (en heel Nederland).

Onder meer deze maatregelen komen tot stand in het project 'Basisnet Spoor', wat verankerd zal worden in het Besluit transportroutes externe veiligheid. Op het ontwerp Basisnet spoor is kritiek geuit door onder meer de Commissie Transport Gevaarlijke Goederen en Centraal Overleg Gevaarlijke Goederen. De strekking van deze kritiek is dat het risicoplaafond (inclusief een aantal maatregelen) dat het ontwerp voorstelt onvoldoende ruimte biedt voor de groei van transport van gevaarlijke stoffen. Mede daarom zijn de consequenties van het inwerking treden van een Basisnet Spoor onzeker en daarmee ook de verandering van risico in de toekomst.

6.5 Verankering van maatregelen in bestemmingsplan Huis der Gemeente, Elst Centraal

In het kader van bestemmingsplan worden infrastructurele maatregelen (bestemmingen verkeer en parkeervoorziening) en gebouwen mogelijk gemaakt. De geselecteerde veiligheidsverhogende maatregelen zoals beschreven in paragraaf 6.3 zijn hieraan deels verbonden.

Geadviseerd wordt om aan de algemene bestemming (voor zowel Kantoor, Maatschappelijk als Verkeer- Verblijfsgebied) het begrip 'Veiligheidsvoorzieningen' toe te voegen. In artikel 1 van de Regels in het bestemmingsplan kan hiervoor de volgende definitie worden opgenomen: *"Voorzieningen ten behoeve van de fysieke veiligheid in ruime zin zoals: voorzieningen/installaties ten behoeve van het bestrijden van calamiteiten op het spoor. Het betreft blusleidingen, opstelplaatsen voor de brandweer, vluchtroutes in en rondom gebouwen, pompbaar oppervlaktewater, brandkranen en dergelijke*

Voorts wordt geadviseerd om in het bestemmingsplan de mogelijkheid op te nemen om nadere eisen te stellen, met het oog op het ten behoeve van de verbetering externe veiligheid.

Burgemeester en wethouders kunnen met het oog op het aspect externe veiligheid, ter beheersing van de uitpandige vluchtroutes en de bereikbaarheid voor de hulpverleningsdiensten en de verlaging van het risico, voor zover dit niet elders in dit plan is vastgelegd, nadere eisen stellen aan:

- a. de ligging en dimensionering van veiligheidsvoorzieningen*
- b. bereikbaarheid- en vluchtmogelijkheden en de inrichting van terreinen/openbare ruimte en gebouwen.*
- c. functies met een relatief lage bezettinggraad situeren aan de spoorzijde.*

⁵ Zie bijlage 3 voor een toelichting.

Voorts staat de bestemming Maatschappelijk de mogelijkheid voor het realiseren van sirene op een paal op het dak ten behoeve van het WAS toe. Deze kan worden gebruikt indien blijkt dat, als gevolg van de gebouwen, het WAS niet overleg voldoende hoorbaar is.

Met deze toevoegingen aan de Regels, soms in samenhang met de Verbeelding, zijn de volgende maatregelen geborgd in het plan:

- Maatregel 14A: de bestemmingen Kantoor en Maatschappelijk maken het situeren van functies met aan lage bezettinggraad aan de spoorzijde mogelijk.
- Maatregel 16: de bestemmingen Verkeer – Verblijfsgebied, Kantoor en Maatschappelijk staan vluchten van het spoor af niet in de weg.
- Maatregel 17: de bestemming Maatschappelijk staat een sirene toe.
- Maatregel 24: de bestemmingen Verkeer- Verblijfsgebied staan een droge blusleiding en brandkranen toe.
- Maatregel 25, 26, 27, 29 en 30: de bestemming Verkeer - Verblijfsgebied zijn voldoende ruim om in de benodigde ruimte (breedte, hoogte en bochtstraal) te voorzien.
- Maatregel 28 de opstelplaatsen die binnen de plangrens vallen passen binnen de bestemming Verkeer - Verblijfsgebied.

Vornoemde toevoegingen aan de planregels zijn ruimtelijk relevant. Zonder de realisatie van deze maatregelen zou verder van het spoor worden gebouwd, waardoor ten minste een deel van de infrastructuur die het plan mogelijk maakt niet nodig zou zijn geweest.

6.6 Aanvaardbaarheid groepsrisico

Met uitvoering van de maatregelen zoals hiervoor omschreven, blijft de kans op dodelijke slachtoffers en gewonden bestaan. Daarnaast kan materiële schade optreden. Het is voor de gemeente, gezien de locatie en de aanwezige risicobron, niet mogelijk om dit effect geheel weg te nemen. Door het uitvoeren van de hiervoor omschreven maatregelen is het effect van een onvoorziene gebeurtenis zoveel als redelijkerwijs mogelijk beperkt⁶.

Gezien de gecreëerde en aanwezige mogelijkheden voor zelfredzaamheid en beheersbaarheid, de hoogte van het GR en het nut en de noodzaak van de ontwikkeling, wordt het college van burgemeester en wethouders van de gemeente Overbetuwe voorgesteld het groepsrisico bestuurlijk te accepteren.

Arnhem, 3 juni 2010

DGMR Industrie, Verkeer en Milieu B.V.

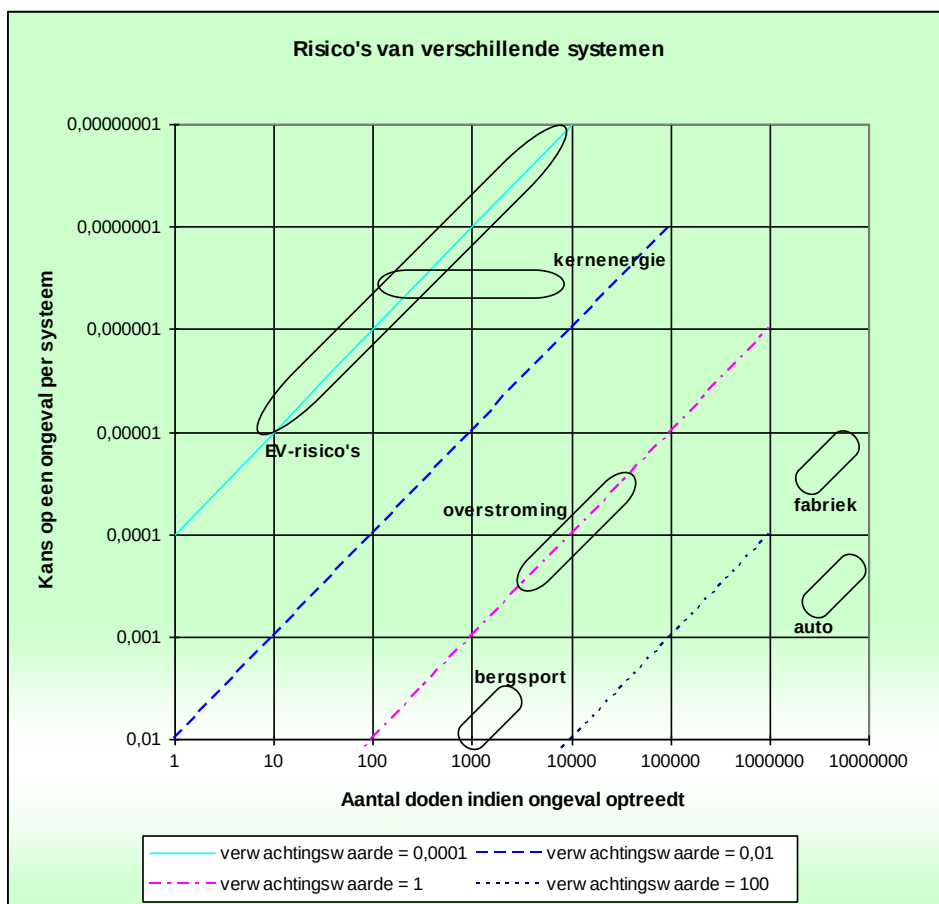
⁶ Toepassing ALARA-beginsel (As Low As Reasonably Achievable) conform paragraaf 4.3 van de Circulaire RNVGS

Bijlage 1

Achtergrondinformatie over externe veiligheid

Verschillende soorten risico's: verschillende impacts

Een risicoloze samenleving bestaat niet. Dagelijks worden mensen blootgesteld aan allerlei soorten risico's, zoals bijvoorbeeld risico's ten gevolge van deelname aan het verkeer, risico's met betrekking tot UV-straling, risico's ten gevolge van transport van gevaarlijke stoffen (EV-risico's) of overstromingsrisico's. Risico's kunnen vrijwillig worden genomen of (deels) onvrijwillig worden opgelegd. EV-risico's worden meestal vrijwel onvrijwillig opgelegd. In vergelijking met risico's van andere systemen nemen EV-risico's een unieke plek in: kleine kans dat er een ongeval zich voordoet, waarbij de gevolgen van het ongeval groot kunnen zijn (figuur B1).



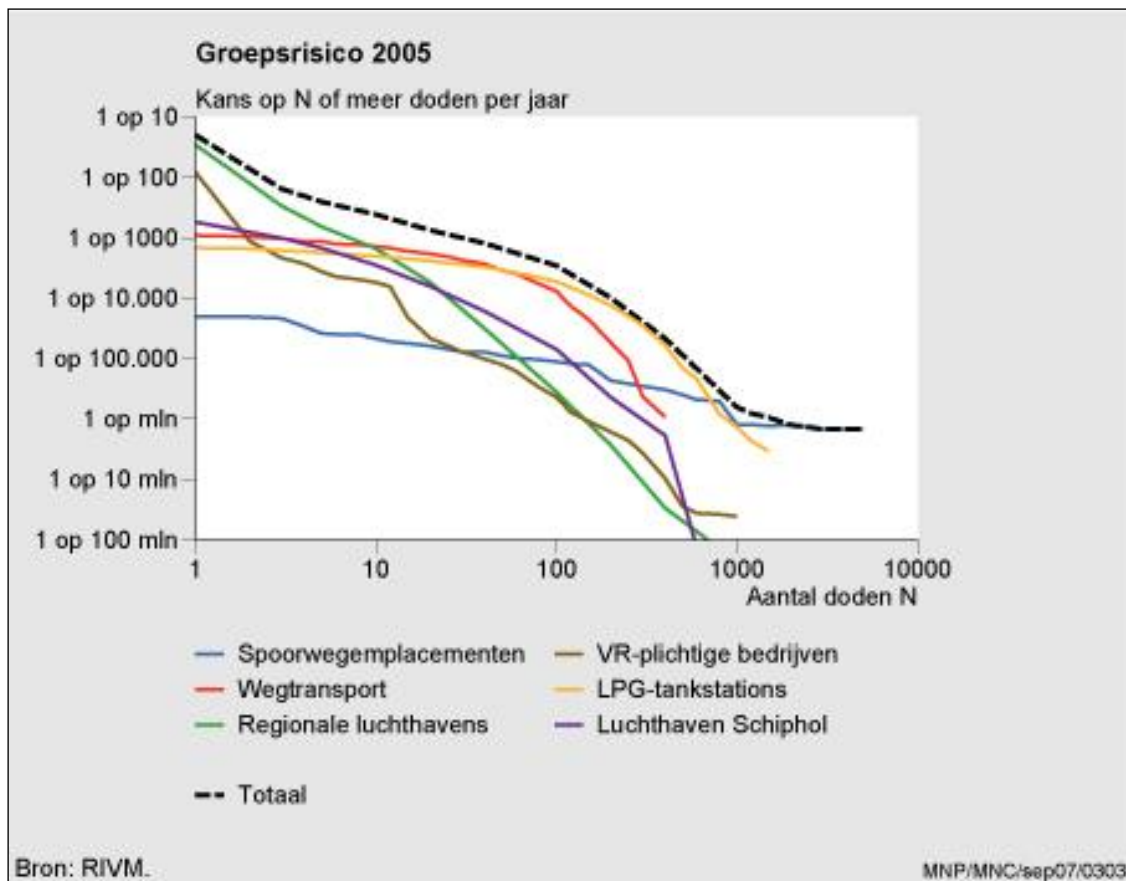
Figuur B1: de positie van enkele activiteiten in Nederland

Op de verticale as staat de kans op een ongeval per systeem en op de horizontale as het aantal doden van alle onderdelen van een systeem dat valt indien een ongeval optreedt. De positionering van EV-risico's ten opzichte van andere soorten risico's wordt hiermee geschetst. De diagonale lijnen betreffen de verwachtingswaarden van dodelijke slachtoffers. BRON: Suddle (2001).

Leesvoorbeeld: de kans op een ongeval per bedrijf waarbij sprake is van een EV-risico is orde grootte $0,00001 - 0,00000001$ ($10^{-5} - 10^{-8}$) per jaar per activiteit, afhankelijk van de optredende scenario's. Indien alle bedrijven en transporten m.b.t. externe veiligheid falen kunnen er $10 - 10.000$ slachtoffers vallen. De verwachtingswaarde van dodelijke slachtoffers per jaar is 0,0001 (schuine lijn).

Groepsrisico: de kans op een ramp in Nederland per activiteit

Een keer in de 400 jaar is er een ramp met 10 of meer doden. De kans op een ramp met circa 10 personen is het grootste voor regionale luchthavens of wegtransport terwijl de kans op een ramp met 100 personen het grootste is voor LPG-stations (figuur B2).



Figuur B2: vergelijking van risico's per bedrijfstak (BRON: RIVM)

De kans op een ramp per bedrijfstak

De kans op een ramp met dodelijke slachtoffers verschilt per activiteit. En per activiteit hebben rampen van uiteenlopende omvang niet dezelfde kans. Zo is bij de VR-plichtige bedrijven de kans op een ongeluk met tien of meer doden eens in de 5.500 jaar, en de kans op een groter ongeluk met meer dan 500 doden, bij benadering, eens in de 30 miljoen jaar.

De kans op een ongeluk met 10 of meer doden

Vergelijkenderwijs is de kans op een ongeluk met tien of meer doden bij luchthavens het grootst: eens in de 1000 jaar. Voor het wegtransport is dit eens in de 1.400 jaar, voor VR-plichtige bedrijven eens in de 5.500 jaar en voor spoorwegemplacements één keer per 46.000 jaar. Voor alle sectoren bij elkaar is de kans op een ramp met minstens tien dodelijke slachtoffers eens in de 400 jaar. Dit risico wordt voor een groot deel veroorzaakt door de luchtvaart, het vervoer van gevaarlijke stoffen en door LPG-tankstations.

EV-wet en regelgeving

De onderlinge vergelijking van de verschillende soorten risico's is slechts een inzicht in verschillende soorten risico's. Voor het beoordelen van risico's bestaat in Nederland wet- en regelgeving. Deze is gestoeld op de risicobenadering. Uitgangspunt van deze benadering is dat kansen een essentiële rol spelen, maar niet zondermeer een allesbepalende rol. Het gaat in de eerste plaats om de kans op (meer dan 10) dodelijke slachtoffers door een ongeval met een gevaarlijke stof, oftewel het *groepsrisico*. Dit risico drukt de kans uit op een ramp van bepaalde omvang in doden. In de tweede plaats gaat het over de persoonlijke veiligheid van de individuele burger, oftewel het *plaatsgebonden risico*. Dit is de overlijdenskans die een persoon loopt door op een bepaalde afstand van een inrichting of een transportroute (permanent) aanwezig te zijn.

Wettelijk is de gemeente een ruime vrijheid geboden bij de oordeelvorming over de aanvaardbaarheid van risico's:

- als eerste kan de gemeente al dan niet beperkt kwetsbare objecten binnen de zogenaamde plaatsgebonden risico 10-6-contour te realiseren;
- ten tweede kan de gemeente al dan niet - onder eventuele voorwaarden - het GR bij een ruimtelijke ontwikkeling en / of milieuvergunning aanvaarden.

Het tweede criterium heet ook wel de verantwoording van het GR. Wanneer de gemeente als bevoegd gezag een beslissing dient te nemen bij milieuvergunningen, bestemmingsplannen en (her-)routing van gevaarlijke stoffen, moet verantwoording worden afgelegd over de omvang en toename van het GR. Hierbij wordt getoetst aan een 'zachte', zogenoemde buitenwettelijke norm (referentiekans), aangeduid als de oriëntatiewaarde. De toename van GR, zelfs boven de oriëntatiewaarde, betekent niet op voorhand dat het GR onaanvaardbaar is. Er moet dan wel zorgvuldig worden gekeken naar diverse mogelijkheden om de toename beperkt te houden. Bij de afweging van het GR spelen zaken een rol, zoals:

1. de maatschappelijke aspecten van de beoogde ruimtelijke ontwikkeling (voordelen);
2. de wenselijkheid en mogelijkheden van extra maatregelen om de verandering van het risico beperkt te houden (nadelen);
3. het advies van de Veiligheidsregio / regionale brandweer inzake de zelfredzaamheid en mogelijkheden van de rampbestrijding (voorbereiding op - en beperking van gevolgen door hulpverlening) en;
4. de verkenning van ruimtelijke alternatieven met een lager GR.

Toelichting groepsrisico

Bij het groepsrisico gaat het om de kans op een ramp waarbij een deel van de aanwezige personen om het leven komt. Welke kans nog acceptabel geacht wordt, is afhankelijk van de omvang van de ramp. Een ongeval met 100 doden leidt tot meer maatschappelijke ontwrichting, leed en emoties, dan een ongeval met tien dodelijke slachtoffers. Aan de kans op een ramp met 100 doden wordt dan ook een grens gesteld, die een factor 100 lager ligt dan voor een ramp met tien doden.

Resultaten QRA Elst Centraal

In het deelrapport 'Plan Elst Centraal, Overbetuwe: Externe veiligheid: inventarisatie, bestemmingsplan Huis der Gemeente' van mei 2010 zijn de risico's van het spoor bepaald en onderbouwd. Gezien de discussie over vervoersintensiteiten over het spoor zijn deze hieronder in Tabel B1 overgenomen.

Voor een nadere onderbouwing wordt korthedshalve verwezen naar voornoemd rapport.

Tabel B1
Aantal passages per jaar Nijmegen-Arnhem

stof groep	omschrijving	realisatie 2007	prognose 2020
A	brandbare gassen	2300	700
B2	giftige gassen	34	200
B3	zeer giftige gassen	0	0
C3	zeer brandbare vloeistoffen	950	1050
D3	acrylnitril	24	50
D4	zeer giftige vloeistoffen	150	50
Realisatie 2007: cijfers ontleend aan opgave gemeente Prognose 2020: marktverwachting vervoer gevaarlijke stoffen per spoor – middellange termijn zonder beleidswijzigingen, ProRail 26 september 2007, maximum-scenario transit.			

Beoordeling van de verandering van het groepsrisico ten gevolge van het plan vindt plaats door de vergelijking van de autonome ontwikkeling met de planontwikkeling in het jaar 2020. Hierbij wordt uitgegaan van de marktverwachting vervoer gevaarlijke stoffen over het spoor. Deze marktverwachting is door de gemeente benoemd als 'realistisch scenario'. De realisatiecijfers van 2007 zijn hoger dan de marktverwachting en zijn daarom aanvullend beschouwd als 'worstcase scenario'.

Er zijn twee plansituaties beschouwd: het plan Elst centraal en bestemmingsplan 'Huis der Gemeente'. Om de stijging van het groepsrisico als gevolg van het plan te beoordelen zijn daarom drie omgevingssituaties gemodelleerd:

- autonome ontwikkeling: de huidige en geprojecteerde bebouwing en aanwezigen in het onderzoeksgebied;
- planontwikkeling Huis der Gemeente en Kantorenstrip: de autonome ontwikkeling en het bestemmingsplan 'Huis der Gemeente' (HdG).
- planontwikkeling totaal: de autonome ontwikkelingen en het gehele plan Elst Centraal (Totaal).

Combinatie van de vervoersintensiteiten uit de twee peiljaren (2007 en 2020) met de omgevingsituaties maakt de stijging van het groepsrisico inzichtelijk. De beschoude situaties zijn opgenomen in. tabel B2.

Tabel B2
Te beschouwen situaties

Id.	jaar	ruimtelijke situatie	toelichting
0A	2007	autonome ontwikkeling	huidige risico zonder plan
0P HdG	2007	planontwikkeling HdG	0P HdG – 0A geeft de invloed van Bestemmingsplan 'Huis der Gemeente' op het GR met huidig transport
0P Totaal	2007	planontwikkeling totaal	0P Totaal -0A geeft de invloed van Elst Centraal op het GR met huidig transport
1A	2020	autonome ontwikkeling	toekomstig risico zonder plan
1P HdG	2020	planontwikkeling HdG	1P HdG – 1A geeft de invloed van Bestemmingsplan 'Huis der Gemeente' op het GR met toekomstig transport
1P Totaal	2020	planontwikkeling totaal	1P Totaal -1A geeft invloed van Elst Centraal op het GR met toekomstig transport

Situatie 0 geeft de invloed van het plan op het GR met de vervoersintensiteiten van 2007. Situatie 1 maakt de beoordeling voor de planperiode mogelijk (10 jaar na plan). In tabel b3 zijn de resultaten per beschouwde situatie samengevat.

Tabel B3
Samenvatting resultaten

nr.	omschrijving	PR: 10 ⁻⁷ /j (meters)	GR: quotiënt frequentie OW	
			berekend	invloed plan
Worstcase scenario				
0A	autonome ontwikkeling, peiljaar 2007	146	0.5	n.v.t.
0P HdG	planontwikkeling HdG, peiljaar 2007	146	0.6	0.1
0P Totaal	planontwikkeling totaal, peiljaar 2007	146	1.3	0.6
Realistisch scenario				
1A	autonome ontwikkeling, peiljaar 2020	14	0.1	n.v.t.
1P HdG	planontwikkeling HdG, peiljaar 2020	14	0.2	0.1
1P Totaal	planontwikkeling totaal, peiljaar 2020	14	0.4	0.3

Uit tabel B3 blijkt dat het groepsrisico in belangrijke mate stijgt als gevolg van het plan Elst Centraal, zowel met de realisatiecijfers van 2007 als de marktverwachting voor 2020. De invloed van alleen het vaststellen van het bestemmingsplan 'Huis der Gemeente' op het groepsrisico is met 0.1 maal de oriëntatiewaarde (OW) beperkt.

Met het hanteren van het worstcase scenario (de realisatiecijfers van 2007) wordt de oriëntatiewaarde overschreden. Bij het hanteren van het realistisch scenario is het groepsrisico circa een factor 3 lager en wordt de oriëntatiewaarde niet overschreden. Oorzaak van dit verschil is de hogere transportintensiteit in 2007, dan de verwachte intensiteit voor 2020.

Effecten van ongevallen met gevaarlijke stoffen

Inleiding

Bij het vervoer van gevaarlijke stoffen kunnen verschillende ongevalsscenario's optreden. De aard en de omvang van de effecten is afhankelijk van het soort stof en het ongevalverloop. Bij het transport van gevaarlijke stoffen zijn vier hoofdcategorieën van stoffen betrokken die samen het grootste deel van het risico bepalen: brandbare gasen (A), toxische gasen (B), brandbare vloeistoffen (C) en toxische vloeistoffen (D).

Voor dit onderzoek zijn de tussengebeurtenissen (tussenscenario's) per stofsoort niet van belang. Centraal staan de mogelijk fysische effecten van deze stofsoorten. Ongelukken met deze stoffen resulteren in, al dan niet een combinatie van, een viertal effecten: mechanische impacts (bij ontsparingen en aanrijdingen)⁷, warmtebelasting (en convectie), piekoverdruk bij explosies en toxische belasting.

In de navolgende paragrafen zijn de effecten van de ongevalsscenario-belastingen uitgezet tegen de afstand vanaf het incident op het spoor. Voor alle opgenomen effectafstanden van scenario's op het spoor geldt dat de letaliteit van mensen die buiten verblijven, hoger is dan de letaliteit van mensen binnenshuis. Dit verschil in letaliteit is onder meer afhankelijk van constructieve betrouwbaarheid en/of de luchtdoorlatendheid van gebouwen. Voor sommige scenario's geldt dat het effect lager kan zijn voor mensen die zich binnen gebouwen bevinden, omdat het gebouw bescherming biedt aan mensen binnen dat gebouw. Meestal gaat deze stelregel op, maar niet altijd.

De aard en de hoeveelheid gevaarlijke stoffen bepalen in welke mate ongewenste effecten kunnen optreden. Uit de grootte van het invloedsgebied⁸ en het aantal aanwezigen (de zogenoemde populatiedichtheid) volgt de kans dat een aantal slachtoffers (dodelijke) valt bij een ongeval. De ernst van deze effecten neemt af met de afstand. Buiten het invloedsgebied (1% letaliteit) is de verstoring voor het GR verwaarloosbaar. Aanwezigen binnen dit gebied zijn blootgesteld aan een verhoogd gevaar. Deze mate van gevaar komt tot uitdrukking in het GR. Buiten het invloedsgebied kunnen wel slachtoffers (doden en gewonden) vallen ten gevolge van een ongeval, maar deze dragen niet significant bij aan de rekenkundige hoogte van het GR.

Opgemerkt moet worden dat alleen de modelmatige letaliteitsafstanden voor personen buiten vanaf het midden van het spoor zijn weergegeven. Te meer omdat over andere sporen transport kan plaatsvinden, zijn deze afstanden slechts richtinggevend bij het bepalen van maatregelen. Hierna staan de effecten globaal per stofcategorie gepresenteerd. Daarbij is het van belang op te merken dat ook afstanden waarbinnen gewonden kunnen vallen relevant zijn.

⁷ Mechanische impacts vallen formeel niet onder het externe veiligheidsbeleid. Echter, als onderdeel van integrale veiligheid is dit fysisch effect wel genoemd in deze notitie.

⁸ Het invloedsgebied is ingevolge het Bevi en de circulaire RNVGS gedefinieerd als de 1% lethaliteitsgrens (met uitzondering van de LPG-tankstations waarvoor volgens de Regeling externe veiligheid inrichtingen voor categoriale inrichtingen de 100% lethaliteitsgrens geldt).

Het is namelijk geenszins zo dat men buiten de 1% letaliteitsgrens zoals aangegeven in deze rapportage veilig is. Voor de hulpverlening en rampenbestrijding is het aantal gewonden ook belangrijk.

Ongevalscenario's met brandbare gassen (A)

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 gevormd⁹. 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 komen 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/vloeistofevenwicht). Tegelijkertijd kan lokaal de sterkte van de tankwand afnemen als gevolg van een temperatuuroptename. De combinatie van verhoogde druk en (lokale) afname van sterkte zal er uiteindelijk toe leiden dat de tankwand bezwijkt;
 - 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 tabel B4 staan de effectafstanden voor de afzonderlijke ongevalscenario's. Scenario's 1, 4 en 6 zijn aan het eind van deze bijlage in figuren 1, 2 en 3 op kaart gezet.

⁹ Afhankelijk van de uitstroming (continu of instantaan) en de ontsteking (direct of indirect) kunnen verschillende effecten optreden.

Tabel B4

Gemiddelde effectafstanden brandbare gassen (categorie A, voorbeeldstof propaan)

nr.	ongevalscenario	effect	effectafstanden (% lethaal in meters)				
			100	90	50	10	1
1	fakkelbrand	warmtestraling	85	86	88	91	95
2	wolkbrand continu	warmtestraling	90				
3	wolkbrand instantaan	warmtestraling	205				
4	koude BLEVE	warmtestraling	110	125	165	205	235
5	koude BLEVE	piekoverdruk	34				
6	warne BLEVE	warmtestraling	175	200	245	280	310
7	warne BLEVE	piekoverdruk	66				

Ongevalscenario's met brandbare vloeistoffen (C3)

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 Plan Elst Centraal vervoerd worden, zijn koolwaterstoffen zoals benzine. De volgende ongevalscenario's kunnen optreden op het spoor langs Plan Elst Centraal:

- *plasbrand*: bij het continu vrijkomen van een brandbare 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 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. In tabel B5 staan de effectafstanden voor de afzonderlijke ongevalscenario's. Scenario 9 is aan het eind van deze bijlage in figuur 4 op kaart gezet.

Tabel B5

Gemiddelde effectafstanden brandbare vloeistoffen (categorie C3, voorbeeldstof hexaan)

nr.	ongevalscenario	effect	effectafstanden (% lethaal in meters)				
			100	90	50	10	1
8	plasbrand 300 m ² (R=10m)	warmtestraling	11		17	25	32
9	plasbrand 600 m ² (R=14m)	warmtestraling	15		16	26	35

Op 30 meter afstand is de hoogte tot waarop dit effect optreedt eveneens circa 30 meter.

Ongevalscenario's met toxische vloeistoffen (D)

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.

Acrylnitril is de enige stof in de categorie toxische stoffen (D3). Voor de categorie zeer toxische stoffen (D4) is de voorbeeldstof Acroleïne.

De gevolgen van het vrijkomen van toxische vloeistoffen worden bepaald door de plasgrootte. De volgende ongevalsscenario's kunnen optreden op het spoor langs Plan Elst Centraal:

- *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.

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.

In tabel B6 staan de effectafstanden voor de afzonderlijke ongevalsscenario's. Scenario's 10 en 12 zijn aan het eind van deze bijlage in figuren 5 en 6 op kaart gezet.

Tabel B6
Gemiddelde effectafstanden toxische vloeistoffen

nr.	stof	ongevalscenario	effect	effectafstanden (% lethaal in meters)				
				100	90	50	10	1
10	D3	vrijkomen toxische vloeistof 300 m ²	toxische belasting	10		14	24	35
11	D3	vrijkomen toxische vloeistof 600 m ²	toxische belasting	10		20	30	45
12	D4	vrijkomen toxische vloeistof 300 m ²	toxische belasting	65		200	309	411
13	D4	vrijkomen toxische vloeistof 600 m ²	toxische belasting	90		300	453	602

Ongevalsscenario's met toxische gassen

Bij het vrijkomen van toxische gassen (afhankelijk van de stof zwaarder (chloor) of lichter dan lucht (ammoniak)) zijn een tweetal uitstrooiscenario's mogelijk, instantaan en continu. De 1%-letaliteitsgrens van een toxisch gas is groter dan dat van een toxische vloeistof.

- *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.

In tabel B7 staan de effectafstanden voor de afzonderlijke ongevalsscenario's. Scenario's 14 en 17 zijn aan het eind van deze bijlage in figuren 7 en 8 op kaart gezet. Transport van B3 vindt niet plaats op het spoor door Elst.

Tabel B7
Gemiddelde effectafstanden toxische gassen

nr.	stof	ongevalscenario	effect	effectafstanden (%-lethaal in meters)				
				100	90	50	10	1
14	B2	ammoniak, vrijkomen continu	toxische belasting	115	145	220	270	310
15	B2	ammoniak, vrijkomen instantaan	toxische belasting		72	82	99	128
16	B3	chloor, vrijkomen continu	toxische belasting	309	500	605	860	1070
17	B3	chloor, vrijkomen instantaan	toxische belasting	574	814	1014	1239	1496

Gebiedsgerichte toepassing maatregelen en 1^{ste} selectie van maatregelen

Maatregelen in gebied tussen spoor en gebouwen

Onderdeel	beschrijving	Id
Naam maatregel	Minimalisatie drukgolf en andere effecten richting bebouwing	1
<i>Algemene beschrijving</i>	Maatregelen waarmee de overdracht van effecten naar aanwezigen kan worden beperkt. Onder andere het isoleren van het spoor ten opzichte van de omgeving is zeer effectief maar kostbaar.	
<i>Naam submaatregel</i>	<i>verdiept aanleggen van het spoor</i>	1A
<i>1^{ste} Selectie</i>	nee: eerder niet voor gekozen in ontwerp van het spoor. Zeer hoge kosten.	
<i>Naam submaatregel</i>	<i>overkluizen van het spoor</i>	1B
<i>1^{ste} Selectie</i>	nee: eerder niet voor gekozen in ontwerp van spoor. Zeer hoge kosten.	
<i>Naam submaatregel</i>	<i>spoortunnel</i>	1C
<i>1^{ste} Selectie</i>	nee: eerder niet voor gekozen in ontwerp van spoor. Zeer hoge kosten.	
<i>Naam submaatregel</i>	<i>afstand van 30 meter houden tussen bebouwing en spoor</i>	1D
<i>1^{ste} Selectie</i>	ja	
<i>locatie</i>	langs gehele spoor	
<i>Gebiedsgerichte toepassing</i>	in concept stedenbouwkundig plan ontworpen afstand is ten minste 11 meter. Effect inzichtelijk maken vanwege mogelijk toekomstig plasbrandaandachtsgebied. Alle bebouwing op ten minste 30 meter van spoor. Tussen spoor en gebouw gebied met lage dichtheid van personen.	
<i>Samenhang ander aspecten</i>	Past niet in concept stedenbouwkundige visie. Kan negatief werken op afschermende werking voor het aspect geluid. Hoge kosten	
<i>kosten</i>	€ per m ² maal aantal m ² onbebouwd gebied	

Onderdeel	beschrijving	Id
<i>Naam maatregel</i>	<i>Afscherming door druk- en hittewerende constructies</i>	<i>2</i>
<i>Algemene beschrijving</i>	Door de bouw van een hittewerende constructie langs het spoor wordt de achterliggende bebouwing beschermd tegen vrijkomende warmte en druk. De effectiviteit van deze maatregel is sterk afhankelijk van de afstand van de bebouwing en de hoogte van het te beschermen gebouw	
<i>Naam submaatregel</i>	<i>betonnen muur langs het spoor</i>	<i>2A</i>
<i>Algemene beschrijving</i>	Middels de bouw van een druk- en hittewerende constructie (muur) langs de infrastructuur, worden gebouwen tegen beide effecten beschermd	
<i>1^{ste} Selectie</i>	nee: niet stedenbouwkundig inpasbaar op perrons omdat de muur meer dan 10 meter hoog moet zijn. Dit tast de beeldkwaliteit in te grote mate aan.	
<i>Naam submaatregel</i>	<i>twee betonnen muren langs het spoor</i>	<i>2B</i>
<i>Algemene beschrijving</i>	Een mogelijkheid is om in plaats van één muur, twee muren te plaatsen waarbij de achterste muur hoger is dan de voorste. Hiermee zal de drukgolf beter over de bebouwing geleid worden en kan de tweede muur mogelijke brokstukken van de eerste muur opvangen.	
<i>1^{ste} Selectie</i>	nee: niet stedenbouwkundig inpasbaar op perrons omdat de muur meer dan 10 meter hoog moet zijn. Dit tast de beeldkwaliteit in te grote mate aan.	
<i>Naam submaatregel</i>	<i>betonnen muur annex aarden wal</i>	<i>2C</i>
<i>Algemene beschrijving</i>	Een andere mogelijkheid is het achter de betonnen muur aanleggen van een aarden wal. Deze zorgt voor meer massa waardoor de drukeffecten beter opgevangen kunnen worden. Daarnaast wordt hiermee de kans op gevaarlijke brokstukken van de muur weggenomen.	
<i>1^{ste} Selectie</i>	nee: niet stedenbouwkundig inpasbaar achter de perrons omdat de wal meer dan 10 meter hoog moet zijn. Neemt veel ruimte in die niet beschikbaar is.	
<i>Naam submaatregel</i>	<i>betonnen muur vlak voor gebouwen</i>	<i>2D</i>
<i>Algemene beschrijving</i>	Door de bouw van een hittewerende constructie langs het spoor wordt de achterliggende bebouwing beschermd tegen vrijkomende warmte en druk.	
<i>1^{ste} Selectie</i>	ja	
<i>locatie</i>	bij gebouwen langs spoor ('t Klooster/Huis der Gemeente/Stationsgebied west/kantoorstrip, exclusief parkeergarage)	
<i>Gebiedsgerichte toepassing</i>	betonen wand voor gebouw plaatsen en verankeren. Mogelijke variant is een dubbele wand in gebouwen integreren, die een soort 'kreukelzone' vormt.	
<i>Samenhang ander aspecten</i>	Voorkomen van onacceptabel effect op de beeldkwaliteit en daglichttoetreding	
<i>kosten</i>	€ per m ² muur maal aantal m ² gevel langs spoor	

Onderdeel	beschrijving	Id
<i>Naam maatregel</i>	<i>Maatregelen tegen warmtestraling en brandoverslag</i>	<i>2</i>
<i>Algemene beschrijving</i>	Door de bouw van een hittewerende constructie langs het spoor wordt de achterliggende bebouwing beschermd tegen vrijkomende warmte en druk. De effectiviteit van deze maatregel is sterk afhankelijk van de afstand van de bebouwing en de hoogte van het te beschermen gebouw	
<i>Naam submaatregel</i>	<i>betonnen muur langs het spoor</i>	<i>2A</i>
<i>Algemene beschrijving</i>	Middels de bouw van een druk- en hittewerende constructie (muur) langs de infrastructuur, worden gebouwen tegen beide effecten beschermd	
<i>1^{ste} Selectie</i>	nee: niet stedenbouwkundig inpasbaar op perrons omdat de muur meer dan 10 meter hoog moet zijn. Dit tast de beeldkwaliteit in te grote mate aan.	
<i>Naam submaatregel</i>	<i>twee betonnen muren langs het spoor</i>	<i>2B</i>
<i>Algemene beschrijving</i>	Een mogelijkheid is om in plaats van één muur, twee muren te plaatsen waarbij de achterste muur hoger is dan de voorste. Hiermee zal de drukgolf beter over de bebouwing geleid worden en kan de tweede muur mogelijke brokstukken van de eerste muur opvangen.	
<i>1^{ste} Selectie</i>	nee: niet stedenbouwkundig inpasbaar op perrons omdat de muur meer dan 10 meter hoog moet zijn. Dit tast de beeldkwaliteit in te grote mate aan.	
<i>Naam submaatregel</i>	<i>betonnen muur annex aarden wal</i>	<i>2C</i>
<i>Algemene beschrijving</i>	Een andere mogelijkheid is het achter de betonnen muur aanleggen van een aarden wal. Deze zorgt voor meer massa waardoor de drukeffecten beter opgevangen kunnen worden. Daarnaast wordt hiermee de kans op gevaarlijke brokstukken van de muur weggenomen.	
<i>1^{ste} Selectie</i>	nee: niet stedenbouwkundig inpasbaar achter de perrons omdat de wal meer dan 10 meter hoog moet zijn. Neemt veel ruimte in die niet beschikbaar is.	
<i>Naam submaatregel</i>	<i>betonnen muur vlak voor gebouwen</i>	<i>2D</i>
<i>Algemene beschrijving</i>	Door de bouw van een hittewerende constructie langs het spoor wordt de achterliggende bebouwing beschermd tegen vrijkomende warmte en druk.	
<i>1^{ste} Selectie</i>	ja	
<i>locatie</i>	bij gebouwen langs spoor ('t Klooster/Huis der Gemeente/Stationsgebied west/kantoorstrip, exclusief parkeergarage)	
<i>Gebiedsgerichte toepassing</i>	betonen wand voor gebouw plaatsen en verankeren. Mogelijke variant is een dubbele wand in gebouwen integreren, die een soort 'kreukelzone' vormt.	
<i>Samenhang ander aspecten</i>	Voorkomen van onacceptabel effect op de beeldkwaliteit en daglichttoetreding	
<i>kosten</i>	€ per m ² muur maal aantal m ² gevel langs spoor	

Onderdeel	beschrijving	Id
<i>Naam maatregel</i>	<i>Plasbeperkende maatregelen</i>	<i>3</i>
<i>Algemene beschrijving</i>	Voor het beperken van de effecten bij het vrijkomen van gevaarlijke vloeistoffen (brandbaar en / of toxisch) zijn plasbeperkende maatregelen zeer effectief. Maatregelen die een vloeistofplas (toxisch of brandbaar) beperken, hebben een sterk reducerend effect. Bij een kleinere plas brandbare vloeistof wordt het effect van warmtestraling sterk gereduceerd. Ook kan hiermee de plas op afstand van een gebouw worden gehouden. Ook is een kleinere brand beter beheersbaar voor de hulpdiensten. Bij een plas toxische vloeistof zal de verdamping van de vloeistof sterk worden gereduceerd door de kleinere oppervlakte en kan verdere verspreiding ook worden voorkomen.	
<i>1^{ste} Selectie</i>	ja	
<i>locatie</i>	integreren in perrons langs spoor	
<i>Gebiedsgerichte toepassing</i>	de goot kan onder het spoor liggen zodat daar de plas wordt opgevangen. Aandachtspunt is dat de plas zich niet verspreid langs de hele terrein, dit kan bij een brandende plas leiden tot een warme BLEVE bij een LPG-tankwagon elders in de trein. De voorkeur gaat daarom uit van integratie van de goot onder de perrons. Waar geen perron langs spoor is wordt een goot voorzien. Voorbeelden van mogelijke uitvoeringen zijn: bezinkputten of aangepast rioleringssysteem (geschikt voor opvang van gevaarlijke stoffen; hierin moet wel een voorziening zijn voor hemelwaterafvoer), Kanalisering is niet wenselijk omdat hierdoor juist de plasbrand sneller bij andere wagons komt. Afvoer van brandbare vloeistoffen vraagt vooral aandacht bij verhoogde ligging van het spoor en spoorinbedding in beton in plaats van ballast.	
<i>Samenhang ander aspecten</i>	ontwerp perrons	
<i>kosten</i>	€ per m² goot maal aantal meter perron € per m² goot maat aantal meter perronloos	

Maatregelen aan gebouwen tegen warmtestraling en brandoverslag

Onderdeel	beschrijving	Id
Naam maatregel	Hittewerend uitvoeren van de gevel van gebouwen	4
<i>Algemene beschrijving</i>	Tegen de effecten van mogelijke branden van gevaarlijke stoffen bij een warmtestraling > 15 kW/m ² kunnen aanvullende maatregelen worden getroffen aan de gevel van de gebouwen (hittewerend glas, e.d.). Hierdoor worden personen binnen beschermd tegen de warmtestraling en hebben zij meer tijd om te vluchten. Deze maatregelen kunnen in combinatie met de maatregel, 'geen beweegbare (raam-/deur)openingen', worden getroffen om hiermee te voorkomen dat brandoverslag mogelijk is door openstaande ramen / deuren.	
Naam submaatregel	hittewerende gevel tegen warmtestraling plasbrand	4A
<i>Algemene beschrijving</i>	naar het spoor toe gerichte gevels en tot 30 meter van spoor de zijgevels en het dak. ('t Klooster/Huis der Gemeente/Stationsgebied west/ kantoorstrip, exclusief parkeergarage)	
1ste Selectie	ja	
<i>locatie</i>	bij gebouwen tot een afstand van 30 meter van het spoor	
<i>Gebiedsgerichte toepassing</i>	integreren in gebouwwontwerp	
<i>Samenhang ander aspecten</i>	dove gevel vanwege geluid	
<i>kosten</i>	€ per m2 buitenschil gebouwen (inclusief dak)	
Naam submaatregel	hittewerende gevel tegen warmtestraling BLEVE en plasbrand	4A
<i>Algemene beschrijving</i>	Tot 90 meter heeft een brandwerende gevel geen effect bij een BLEVE omdat daar de drukeffecten maatgevend zijn. Naar het spoor toe gerichte gevels en tot 30 meter van spoor de zijgevels en het dak in verband met het ongevalsscenario plasbrand. ('t Klooster/Huis der Gemeente/Stationsgebied west/ kantoorstrip, exclusief parkeergarage) en naar het spoor toe gerichte gevels vanaf 90 meter van spoor en het dak.	
1ste Selectie	ja	
<i>locatie</i>	bij gebouwen tot een afstand van 30 meter van het spoor en bij gebouwen vanaf een afstand van 90 meter van het spoor	
<i>Gebiedsgerichte toepassing</i>	integreren in gebouwwontwerp	
<i>Samenhang ander aspecten</i>	dove gevel vanwege geluid	
<i>kosten</i>	€ per m2 buitenschil gebouwen (inclusief dak)	

Onderdeel	beschrijving	Id
Naam maatregel	Watergordijn voor of langs gevel (alternatief voor hittewerend uitvoeren)	5
<i>Algemene beschrijving</i>	Door het toepassen van een watergordijn dat langs de gevel stroomt van een gebouw is het mogelijk de warmtestraling die optreedt op de gevel te reduceren. Hierdoor blijft de situatie in het gebouw voor de aanwezigen voor langere tijd niet-kritiek, waardoor vluchten mogelijk is. Het water dat langs de gevel stroomt bij een brand heeft een reducerend effect op de warmte, doordat de warmte wordt opgenomen door het stromende water en zo niet de gevel bereikt. Afhankelijk van de te verwachten warmtestraling (afhankelijk van de afstand tot de brand en het type brand) dient de dikte en snelheid van de waterfilm bepaald te worden. Hoe meer water er langs de gevel stroomt hoe groter de capaciteit om warmte af te voeren (is afhankelijk van de dikte van de laag en de snelheid). Bij een warmtestraling van 52 kW/m ² kan een waterfilm van 1 cm dikte en een snelheid van 1.0 m/s zorgen voor voldoende afvoer van warmtestraling. Deze waterfilm kan tegen of voor de gevel worden toegepast. Bij een waterfilm met enige afstand voor het gebouw heeft een groter effect door de isolerende werking van de tussengelegen lucht.	
<i>1^{ste} Selectie</i>	ja	
<i>locatie</i>	naar het spoor toe gerichte gevels van de hoogbouw en tot 30 meter van spoor de zijgevels. ('t Klooster/Huis der Gemeente). Het dak moet brandwerend worden uitgevoerd.	
<i>Gebiedsgerichte toepassing</i>	Integratie in gebouwwontwerp.	
<i>Samenhang ander aspecten</i>	Deze gevels worden (deels) doof uitgevoerd vanwege de geluidsbelasting Deze maatregel heeft overlap voor reducerend effect warmtestraling met maatregel 2D 'betonnen muur vlak voor gebouwen'	
<i>kosten</i>	€ per m ² muur maal aantal m ² gevel voor geschikt maken waterfilm € per m ² extra leiding van pomp naar rand dak € voor pompen die water moeten verplaatsen en warmtedetectie apparatuur. Dit is exclusief onderhoudskosten pompen	

Onderdeel	beschrijving	Id
Naam maatregel	Brandcompartimentering	6
<i>Algemene beschrijving</i>	Door compartimentering van de gebouwen vindt er minder snel brandoverslag binnen de gebouwen plaats. Dit is een vereiste uit het Bouwbesluit en vormt daarmee geen aanvullend te treffen maatregel voor verhoging van de veiligheid.	
<i>1^{ste} Selectie</i>	ja	
<i>locatie</i>	alle gebouwen	
<i>Gebiedsgerichte toepassing</i>	Integratie in gebouwwontwerp. Bij ontwerp compartimentering aanvullend rekening houden met effecten van buitenaf. Bouwbesluit gaat alleen over interne brand.	
<i>Samenhang ander aspecten</i>	interne veiligheid	
<i>kosten</i>	€ 1.000 (geen extra kosten)	

Onderdeel	beschrijving	Id
Naam maatregel	Sprinklersysteem aan gebouwen langs het spoor	7
<i>Algemene beschrijving</i>	Door het toepassen van een sprinklerinstallatie in / langs de gebouwen naast het spoor, wordt een brand beperkt in de ontwikkeling en kan minder eenvoudig overslaan. Daarnaast wordt de zelfredzaamheid voor personen door het vertragende en reducerende effect van de sprinkler sterk vergroot.	

<i>1^{ste} Selectie</i>	ja	
<i>locatie</i>	naar het spoor toe gerichte gevels en tot 30 meter van spoor de zijgevels en het dak. ('t Klooster/Huis der Gemeente)	
<i>Gebiedsgerichte toepassing</i>	Integratie in gebouwonwerp.	
<i>Samenhang ander aspecten</i>	In gebouwen kan dit onderdeel zijn van eisen bouwbesluit (utiliteitsbouw)	
<i>kosten</i>	€ per m ² muur maal aantal m ² gevel voor geschikt maken sprinkler € per m ² extra leiding van pomp naar rand dak en sprinklerkoppen € voor pompen die water moeten verplaatsen en warmtedetectie apparatuur. Dit is exclusief onderhoudskosten pompen, kan indien aanwezig worden aangesloten op interne sprinkler systeem	

Maatregelen aan gebouwen tegen blootstelling aan toxische stoffen

Onderdeel	beschrijving	Id
<i>Naam maatregel</i>	<i>Vermoeilijken penetratie van toxische gassen</i>	8
<i>Algemene beschrijving</i>	Penetratie van toxische gassen door dak en gevel constructief vermoeilijken. De submaatregelen hangen met elkaar samen. Door minder voegen (8B) of nagenoeg geen kozijnen (8D) is voegdicht bouwen (8C) minder nodig.	
<i>Naam submaatregel</i>	<i>geen beweegbare (raam)openingen</i>	8A
<i>Algemene beschrijving</i>	Door het niet toepassen van beweegbare ramen (in kantoren) kunnen gassen minder eenvoudig het gebouw binnenkomen. Dit is niet mogelijk bij woningen.	
<i>1^{ste} Selectie</i>	ja	
<i>locatie</i>	bij gebouwen langs spoor ('t Klooster/Huis der Gemeente/Stationsgebied west/kantoorstrip, exclusief parkeergarage)	
<i>Gebiedsgerichte toepassing</i>	integreren in gebouwonwerp	
<i>Samenhang ander aspecten</i>	door dove gevels vanwege geluid hebben deze gevels geen te openen delen	
<i>kosten</i>	€ 1.000,--	
<i>Naam submaatregel</i>	<i>minder glas in de gevelornamenten</i>	8B
<i>Algemene beschrijving</i>	hierdoor wordt het aantal openingen waardoor gas het gebouw in kan verkleind (minder voegen)	
<i>1^{ste} Selectie</i>	ja	
<i>locatie</i>	bij gebouwen tot een afstand van 90 meter van het spoor	
<i>Gebiedsgerichte toepassing</i>	integreren in gebouwonwerp	
<i>Samenhang ander aspecten</i>	--	
<i>kosten</i>	€ per m ² buitenschil gebouwen (inclusief dak)	
<i>Naam submaatregel</i>	<i>voegdicht bouwen</i>	8C
<i>Algemene beschrijving</i>	De voegen in het gebouw zo veel mogelijk luchtdicht uitvoeren	
<i>1^{ste} Selectie</i>	ja	
<i>locatie</i>	bij gebouwen tot een afstand van 90 meter van het spoor	
<i>Gebiedsgerichte toepassing</i>	integreren in gebouwonwerp. Dit komt neer op gebruik van beplating. Voegen in baksteen zijn latten lucht door. Beplating kan zodanig worden afgekit dat het nagenoeg luchtdicht is.	
<i>Samenhang ander aspecten</i>	voorkomen onacceptabel effect op beeldkwaliteit	
<i>kosten</i>	€ per m ² buitenschil gebouwen	
<i>Naam submaatregel</i>	<i>blinde gevel</i>	8D
<i>Algemene beschrijving</i>	geen ramen en deuren in het gebouw aan de spoorzijde	
<i>1^{ste} Selectie</i>	ja	
<i>locatie</i>	bij gebouwen langs spoor ('t Klooster/Huis der Gemeente/Stationsgebied west/kantoorstrip, exclusief parkeergarage)	
<i>Gebiedsgerichte toepassing</i>	integreren in gebouwonwerp	
<i>Samenhang ander aspecten</i>	Voorkomen van onacceptabel effect op beeldkwaliteit en daglichttoetreding	
<i>kosten</i>	€ per m ² muur maal aantal m ² gevel langs spoor	

Onderdeel	beschrijving	Id
Naam maatregel	<i>Aanzuiging van lucht aan de bovenkant van gebouwen</i>	9
<i>Algemene beschrijving</i>	De gebouwen worden voorzien van een centraal luchtbehandelingsysteem. De aanzuiging van verse lucht voor deze systemen is gesitueerd op de daken van de gebouwen. Indien er op het spoor bij een incident toxische stoffen vrijkomen, zullen deze niet direct door de systemen worden aangezogen. Bij stoffen zwaarder dan lucht levert dit een groot voordeel, maar ook bij stoffen lichter dan lucht zal dit een vertragend effect hebben op de aanzuiging en daarmee verspreiding van toxische gassen in gebouwen.	
<i>1^{ste} Selectie</i>	ja	
<i>locatie</i>	gehele plangebied	
<i>Gebiedsgerichte toepassing</i>	Integratie in gebouwwontwerp.	
<i>Samenhang ander aspecten</i>	ventilatieconcept moet hierop worden afgestemd	
<i>kosten</i>	€ voor aanpassing ventilatieconcept € voor extra leidingwerk	

Onderdeel	beschrijving	Id
Naam maatregel	<i>Automatische afsluiten van openingen, airco's of ventilatiesystemen</i>	10
<i>Algemene beschrijving</i>	Het voorzien van alle openingen en ventilatiesystemen van automatische afsluiting kan er voor zorgen dat gassen van buiten minder eenvoudig en minder snel binnen komen. Door het automatische (laten) sluiten van (raam)openingen of voorzieningen van airco's of andere ventilatiesystemen, kan de inlaat van toxische gassen in het gebouw sterk worden gereduceerd. Hierbij is de snelle detectie van de noodzaak van groot belang. En vooral bij het vrijkomen van toxische gassen, waarbij niet direct duidelijk is dat het toxische gassen betreft, vormt dit een probleem. Aangezien de verschillende stoffen weer andere detectiemethoden hebben, is automatische detectie niet mogelijk. Snelle alarmering en het sluiten van de openingen is dan ook van groot belang. Bij open gebouwen is het waarschijnlijk niet goed mogelijk om volledige bescherming te bieden tegen toxische gassen door het afsluiten van ramen / airco's of ventilatiesystemen.	
<i>1^{ste} Selectie</i>	ja	
<i>locatie</i>	gehele plangebied	
<i>Gebiedsgerichte toepassing</i>	Integratie in gebouwwontwerp.	
<i>Samenhang ander aspecten</i>	ventilatieconcept moet hierop worden afgestemd	
<i>kosten</i>	€ voor inpassen systeem in alle gebouwen	

Onderdeel	beschrijving	Id
<i>Naam maatregel</i>	<i>Beheersing luchtcirculatie</i>	<i>11</i>
<i>Algemene beschrijving</i>	Het kunnen beheersen van de luchtcirculatiesystemen in gebouwen (kantoren, parkeergarages) door de brandweer, kan ervoor zorgen dat bij het vrijkomen van toxische gassen er geen giftige dampen het gebouw ingezogen kunnen worden. Deze voorziening is een aanvulling op het vereiste brandmeldpaneel en de daarin opgenomen voorziening voor het centraal afgrendelen van het ventilatiesysteem. Hiermee kan de brandweer, afhankelijk van het type incident, de werking van de installatie bedienen en zo de effecten van het incident in de gebouwen zo lang mogelijk beperken.	
<i>1^{ste} Selectie</i>	ja	
<i>locatie</i>	Huis der Gemeente en Kantorenstrip	
<i>Gebiedsgerichte toepassing</i>	Integratie in gebouwonwerp.	
<i>Samenhang ander aspecten</i>	ventilatieconcept moet hierop worden afgestemd	
<i>kosten</i>	€ voor inpassen systeem in alle gebouwen	

Maatregelen aan gebouwen tegen drukeffecten

Onderdeel	beschrijving	Id
<i>Naam maatregel</i>	<i>Incasseringsvermogen gebouwen verhogen door ronde vorm</i>	12
<i>Algemene beschrijving</i>	Bouwtechnische oplossingen waarmee de drukeffecten opgevangen kunnen worden en op deze manier schade als gevolg van overdruk beperkt kan worden (explosiebestendig ontwerpen).	
<i>1^{ste} Selectie</i>	nee: moeilijk stedenbouwkundig inpasbaar zeer hoge kosten	

Onderdeel	beschrijving	Id
<i>Naam maatregel</i>	<i>Rekening houden met drukeffecten in materiaalkeuze</i>	13
<i>Algemene beschrijving</i>	Bij (de uitwerking van) het ontwerp van het gebouw kan rekening worden gehouden met drukeffecten om op deze manier schade als gevolg van overdruk te beperken. Door sterke materialen toe te passen kan de schade aan de bebouwing worden beperkt en kan er dichter langs de infrastructuur worden gebouwd. Bij de sterkteberekening van de constructie kan hiermee rekening gehouden worden. Hierbij geldt dat de belasting afhankelijk is van de afstand waarop de maatregel wordt toegepast. Het explosiebestendig ontwerpen is over het algemeen relatief duur en leidt tot grotere constructiedikten. Volledig bescherming is op korte afstand moeilijk, maar kan wel de effecten sterk reduceren.	
<i>Naam submaatregel</i>	<i>Gebouwen als bunkers</i>	13A
<i>Algemene beschrijving</i>	explosiebestendig gevel / constructie, ook wel bekend als het bunkergebouw	
<i>1^{ste} Selectie</i>	nee: niet stedenbouwkundig inpasbaar. Dit tast de beeldkwaliteit in te grote mate aan. De kosten zijn zeer hoog	
<i>Naam submaatregel</i>	<i>blast resistent glazing</i>	13B
<i>Algemene beschrijving</i>	De effectiviteit is sterk afhankelijk van het tijdsverloop van de overdruk, de wijze van ondersteuning van het glas, de afmetingen van het glas en verder de afmetingen van het gebouw, omdat de overdruk die zich opbouwt bij een gebouw sterk afhankelijk is van onder andere de afmetingen van het gebouw zelf. Op kort afstand is de maatregel niet effectief tenzij het gehele gebouw volgens maatregel 13A is geconstrueerd	
<i>1^{ste} Selectie</i>	nee: zeer hoge kosten en tot circa 50 meter niet effectief	
<i>Naam submaatregel</i>	<i>splinterwerende film</i>	13C
<i>Algemene beschrijving</i>	Een splinterwerende film op het glas voorkomt dat de splinters in de verre omtrek worden rondgeslingerd. Dit beperkt het effect op personen achter op relatief kort afstand van het glas.	
<i>1^{ste} Selectie</i>	Ja	
<i>locatie</i>	in alle gebouwen vanaf 120 meter.	
<i>Gebiedsgerichte toepassing</i>	op korte afstand weinig effectief vanwege de hoogte van de druk.	
<i>Samenhang ander aspecten</i>	geen	
<i>kosten</i>	extra € per m ² glas maal aantal m ² glas	
<i>Naam submaatregel</i>	<i>ondergronds bouwen</i>	13D
<i>Algemene beschrijving</i>	ondergronds gebouwen worden beschermd tegen drukeffecten	
<i>1^{ste} Selectie</i>	nee: niet stedenbouwkundig inpasbaar. Dit tast de beeldkwaliteit in te grote mate aan. De kosten zijn zeer hoog	

Maatregelen ten behoeve van de zelfredzaamheid op wijk- en gebouw niveau

Onderdeel	beschrijving	Id
Naam maatregel	Functionele en constructieve indeling van de gebouwen	14
<i>Algemene beschrijving</i>	Bij het ontwerp van gebouwen rekening houden met de infrastructurele mogelijkheden van personen om zichzelf in veiligheid te brengen.	
Naam submaatregel	Functionies met lage bezettingsgraad langs spoor	14A
<i>Algemene beschrijving</i>	Aan de kant van het spoor weinig (kwetsbare) mensen te laten verblijven, kunnen de effecten voor aanwezigen worden beperkt.	
1^{ste} Selectie	Ja	
<i>locatie</i>	in alle gebouwen aan binnen 90 meter van het spoor.	
<i>Gebiedsgerichte toepassing</i>	Ruimtes met een relatief lage verblijfsduur aan de spoorzijde situeren. Voor de kantoren betreft het bijvoorbeeld de technische ruimte, archief, opslagruimte, technische ruimte en sanitaire voorzieningen. Voor woningen betreft het bijvoorbeeld de keuken, sanitaire voorzieningen, de meterkast en bergruimten.	
<i>Samenhang ander aspecten</i>	kan gewenste functionele indeling gebouw beïnvloeden ruimtes met een lage bezettinggraad niet langs het spoor is positief voor het aspect geluid	
<i>kosten</i>	extra € als gevolg van eventueel verlies van kwaliteit gewenste indeling gebouwen	
Naam submaatregel	2^{de} draagweg voor gebouwen langs het spoor	14B
<i>Algemene beschrijving</i>	De draagconstructie van het gebouw is hierdoor langer bestand tegen warmtestraling waardoor gebouwen langer intact blijven. Hiermee is meer tijd beschikbaar voor veilig vluchten	
1^{ste} Selectie	Ja	
<i>locatie</i>	in alle gebouwen aan binnen 30 meter van het spoor.	
<i>Gebiedsgerichte toepassing</i>	Alleen van belang als draagconstructie bloot staat aan warmtestraling. Bij toepassing van een hittewerende gevel (ID maatregel 4) wordt in veel gevallen ook de draagconstructie beschermd. meest effectief bij hoogbouw vanwege langere vluchttijd.	
<i>Samenhang ander aspecten</i>	geen	
<i>kosten</i>	extra € 2 ^e draagweg.	
Naam submaatregel	Safe haven	14C
<i>Algemene beschrijving</i>	Compartiment binnen een gebouw dat bestand is tegen de ongevalsscenario's. Hier kunnen personen dan ten minste enkele uren schuilen. Dit is een soort luchtdichte bunker in het gebouw.	
1^{ste} Selectie	Ja	
<i>locatie</i>	Alleen in het Huis der Gemeente zover mogelijk van het spoor af, bij voorkeur beneden maaiveld.	
<i>Gebiedsgerichte toepassing</i>	De coördinatie van de hulpverlening en bestrijding bij een (dreigende) ramp zal (tenminste deels) vanuit het Huis der Gemeente plaatsvinden. Het is daarom cruciaal dat het 'crisiscentrum' op een veilige plaats in het gebouw zit, of buiten het invloedsgebied van risicobronnen. Deze maatregel wordt beschouwd om te bezien of dit in het gemeentehuis kan. in eerste instantie dient de centrum tenminste 15 mensen te kunnen bevatten.	
<i>Samenhang ander aspecten</i>	coördinatie rampenbestrijding	
<i>kosten</i>	€ per m ²	

Onderdeel	beschrijving	Id
<i>Naam maatregel</i>	<i>Indeling gebied voor externe veiligheid optimaliseren</i>	<i>15</i>
<i>Algemene beschrijving</i>	Naast de indeling van de gebouwen kan ook bij de indeling van het totale terrein rekening gehouden met veiligheid. Door het bouwen van gebouwen met een lage bezettingsgraad aan de spoorzijde worden de daar achter liggende gebouwen beschermd. Door het realiseren van bestemmingen met een lage bezettingsgraad in de nabijheid van het spoor kan bij een incident het aantal slachtoffers worden beperkt. Dit is zowel het geval bij brand en explosie, als bij het vrijkomen van toxische gassen. De gebouwen langs het spoor hebben bij brand en explosie een grote afschermdende werking voor de achterliggende gebouwen. Het is van belang hierbij rekening te houden met het feit dat het meeste transport in de toekomst in de dagperiode (06:00 uur tot 18:00 uur) plaatsvindt. Het gaat dus om functies met een lage (relatief) bezettingsgraad in de dagperiode.	
<i>Naam submaatregel</i>	<i>plas water / een park / begraafplaats of een parkeergarage langs het spoor</i>	15A
<i>Algemene beschrijving</i>	Deze functies hebben per definitie een lage bezettingsgraad	
<i>1^{ste} Selectie</i>	Ja	
<i>locatie</i>	parkeergarage kantorenstrip	
<i>Gebiedsgerichte toepassing</i>	voor andere locaties is dit stedenbouwkundig niet inpasbaar. Naast stationsplein en enige parkeervoorzieningen is geen ruimte voor dergelijke functies meer in het plan.	
<i>Samenhang ander aspecten</i>	geen	
<i>kosten</i>	€ 1 Reeds onderdeel voor het plan in de kantorenstrip.	
<i>Naam submaatregel</i>	<i>gebouwen loodrecht op het spoor</i>	15B
<i>Algemene beschrijving</i>	gebouwen die niet evenwijdig aan, maar loodrecht op het spoor liggen. Dit verkleint het oppervlak dat wordt blootgesteld aan warmtestraling. Bovendien verbeterd dit de toegang van het spoor voor hulpdiensten.	
<i>1^{ste} Selectie</i>	Ja	
<i>locatie</i>	Huis der Gemeente/Kantorenstrip/'t Klooster	
<i>Gebiedsgerichte toepassing</i>	Draaien (Kantorenstrip/'t Klooster) of knippen en verlengen (Huis der Gemeente) van gebouwen zodat bouwvolume loodrecht op het spoor staat.	
<i>Samenhang ander aspecten</i>	Hiermee ontstaan geluidslekken in de afscherming die deze gebouwen bieden voor het achtergelegen gebiedt. Deze zouden gedicht kunnen worden met schermen tussen de gebouwen met allen op de begane grond een doorgang. Aandachtspunt hiervan is dat dit bij een explosie projectielen gaat vormen voor het achtergelegen gebied. (steden)bouwkundige inpasbaarheid is twijfelachtig in behoeft een nader beschouwing indien de maatregel kosteneffectief is	
<i>kosten</i>	extra € voor aanpassen plan eventueel extra € voor verlies (steden)bouwkundige kwaliteit	

Onderdeel	beschrijving	Id
<i>Naam maatregel</i>	<i>Vluchtroutes niet aan spoorzijde en van spoor af</i>	<i>16</i>
<i>Algemene beschrijving</i>	Bij de inrichting van een gebied moet rekening gehouden met de mogelijkheden voor zelfredzaamheid en hulpverlening. Door het effectief ontwerpen van de vluchtwegen kan de zelfredzaamheid en de mogelijkheid tot hulpverlening in geval van een incident worden vergroot. Hierdoor is het mogelijk voor de aanwezigen in het gebouw bij een brand op het spoor in de andere richting van het spoor af te ontruimen. Van groot belang is wel dat deze vluchtwegen zoals deze zijn ontworpen tijdens de exploitatiefase ook vrijgehouden moeten worden.	
<i>1^{ste} Selectie</i>	ja	
<i>locatie</i>	Huis der Gemeente en Kantorenstrip	
<i>Gebiedsgerichte toepassing</i>	Vraag blijft ontruiming bij een ongeval met toxische stoffen of een dreigende BLEVE altijd wenselijk is. Dit is een organisatorische kwestie (maatregel id 19) Is deels reeds geïntegreerd in het plan	
<i>Samenhang ander aspecten</i>	infrastructurele indeling van het gebied.	
<i>kosten</i>	eventueel extra € voor aanpassen plan	

Onderdeel	beschrijving	Id
<i>Naam maatregel</i>	<i>Waarschuwing en alarmering bedreigde bevolking</i>	<i>17</i>
<i>Algemene beschrijving</i>	Het WAS-systeem (sirenes) is overal hoorbaar in het gebied. Het devies is hierbij binnen blijven. Aanvullingen zoals cell-broad-casting/sms-alert worden eventueel meegenomen bij organisatorische ontruimingsmaatregelen (maatregel 19)	
<i>1^{ste} Selectie</i>	ja	
<i>locatie</i>	gehele plangebied	
<i>Gebiedsgerichte toepassing</i>	Is reeds geïntegreerd in het plan.	
<i>Samenhang ander aspecten</i>	geen	
<i>kosten</i>	?	

Onderdeel	beschrijving	Id
<i>Naam maatregel</i>	<i>Gasmaskers</i>	<i>18</i>
<i>Algemene beschrijving</i>	Gasmaskers beschermen mensen tegen calamiteit met toxische gassen. Echter, een dergelijke maatregel wekt meestal een negatieve perceptie ten aanzien van veiligheid op bij bewoners in de nabijheid van het spoor. Bovendien werkt deze maatregel alleen als de bevolking hierop getraind	
<i>1^{ste} Selectie</i>	ja	
<i>locatie</i>	gehele plangebied	
<i>Gebiedsgerichte toepassing</i>	gemakkelijke toepasbaar waar een collectief benaderd kan worden, zoals bij kantoren. Bij woningen lastig organisatorisch te regelen	
<i>Samenhang ander aspecten</i>	geen	
<i>kosten</i>	€ per gasmasker maal aantal aanwezigen in plangebied	

Overige maatregelen waren in Werkdocument II, in afwachting van het advies van de brandweer, nog niet nader beschouwd. Deze komen aan de orde in de adviezen van de brandweer (bijlage 9 en 10) en zij komen aan de orde in hoofdstuk 6. Hieronder een algemene beschrijving.

Organisatorische maatregelen in/aan gebouwen

Ontruimingsinstallatie, organisatorische maatregelen (ontruimingsplan) (ID-maatregel = 19)

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

Afweging aangepast ontruimen of extra beschermen (ID-maatregel = 20)

In eerste instantie is een ontruimingsplan bedoeld voor calamiteiten in een gebouw, zoals brand. En dan geldt altijd dat naar de omgeving moet worden gekeken om een vluchtroute te kunnen vaststellen. Bij gebouwen nabij de infrastructuur kunnen aangepaste ontruimsценario's zinvol zijn. Het is de vraag of het wenselijk is dat mensen bij een incident op het spoor ook naar buiten gaan en zo ja in welke richting. Ook vanuit brandweerszijde wordt dit wel gesteld. Bij veel scenario's buiten biedt binnenshuis verblijven in het algemeen meer kans op bescherming dan buitenshuis.

Bij dreigende (warme) BLEVE is het de vraag of dit helpt. Bij elke situatie dienen de ontruimingsmogelijkheden afgewogen te worden tegen het dreigende gevaar van de ongevalsituatie in de omgeving. Dit vergt opleiding van het personeel in de gebouwen naast het spoor.

Organisatorische maatregelen ten behoeve van de hulpverlening op wijkniveau

Een effectieve rampenbestrijding en hulpverlening kunnen er mede toe bijdragen dat er als gevolg van een ongeval met het vervoer van gevaarlijke stoffen minder slachtoffers vallen, minder schade is en mogelijk ook dat de scenariokarakteristieken veranderen. Om dit te kunnen bereiken moet aan een aantal voorwaarden zijn voldaan:

- de hulpdiensten moeten adequaat geïnformeerd worden (ID-maatregel = 21);
- de hulpdiensten moeten voldoende deskundig zijn met betrekking tot (ID-maatregel = 22):
 - specifieke eigenschappen van de stoffen (toxiciteit);
 - techniek van ketelwagons en containers;
- (inzicht in) bereikbaarheid door middel van matrixverkaveling (ID-maatregel = 23);
- de bluswatervoorziening moet gegarandeerd zijn, etc. (ID-maatregel = 24).

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

Preparatieve en repressieve maatregelen

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

- bereikbaarheid (aanrijroutes, aanrijtijd) (ID-maatregel = 25);
- ontsluiting van de locatie (ID-maatregel = 26);

- ontsluiting van het spoor d.m.v. dienstweg (ID-maatregel = 27);
- opstelmogelijkheden (ID-maatregel = 28);
- aanwezigheid van voldoende schuim (ID-maatregel = 29);
- sturen van incidenten (ID-maatregel = 30).

Toelichting Bereikbaarheid van het spoor (ID-maatregel = 25)

Voor bestrijding en hulpverlening op het spoor dient de brandweer eenvoudig het spoor te kunnen bereiken. Voor een effectieve bestrijding van de brand, en het beperken van de kans op escalatie van een brand op het spoor, dienen er naar het spoor voldoende toetredingsmogelijkheden te zijn voor de brandweer.

Toelichting Opstelplaatsen (ID-maatregel = 28)

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

Toelichting Bluswatervoorzieningen (ID-maatregel = 29)

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

Risicocommunicatie (ID-maatregel = 31)

Risicocommunicatie richt zich op de situatie waarin zich (nog) geen ramp of calamiteit heeft voorgedaan. Goede risicocommunicatie zorgt ervoor dat inwoners tijdens een noodsituatie weten wat ze moeten doen. Voor de uitvoering van deze maatregel is een beleidskader risicocommunicatie nodig.

Analyse van gebieden voor het treffen van maatregelen

Maatregelen kunnen getroffen worden in drie gebieden:

Vervoersgerelateerde maatregelen aan de bron (op stad/regio niveau)

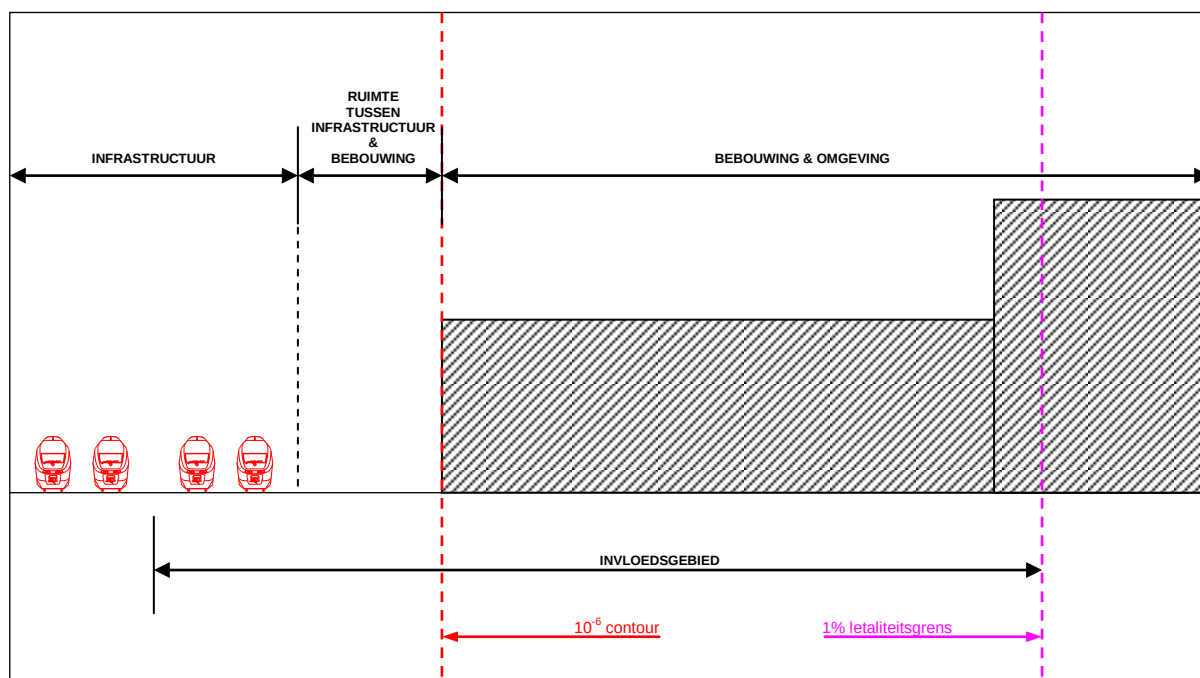
Hierbij gaat het om maatregelen die in de directe nabijheid van de bron getroffen kunnen worden ter reductie van de effecten van een incident met gevaarlijke stoffen.

Maatregelen in het gebied tussen de infrastructuur en de bebouwing (wijk niveau)

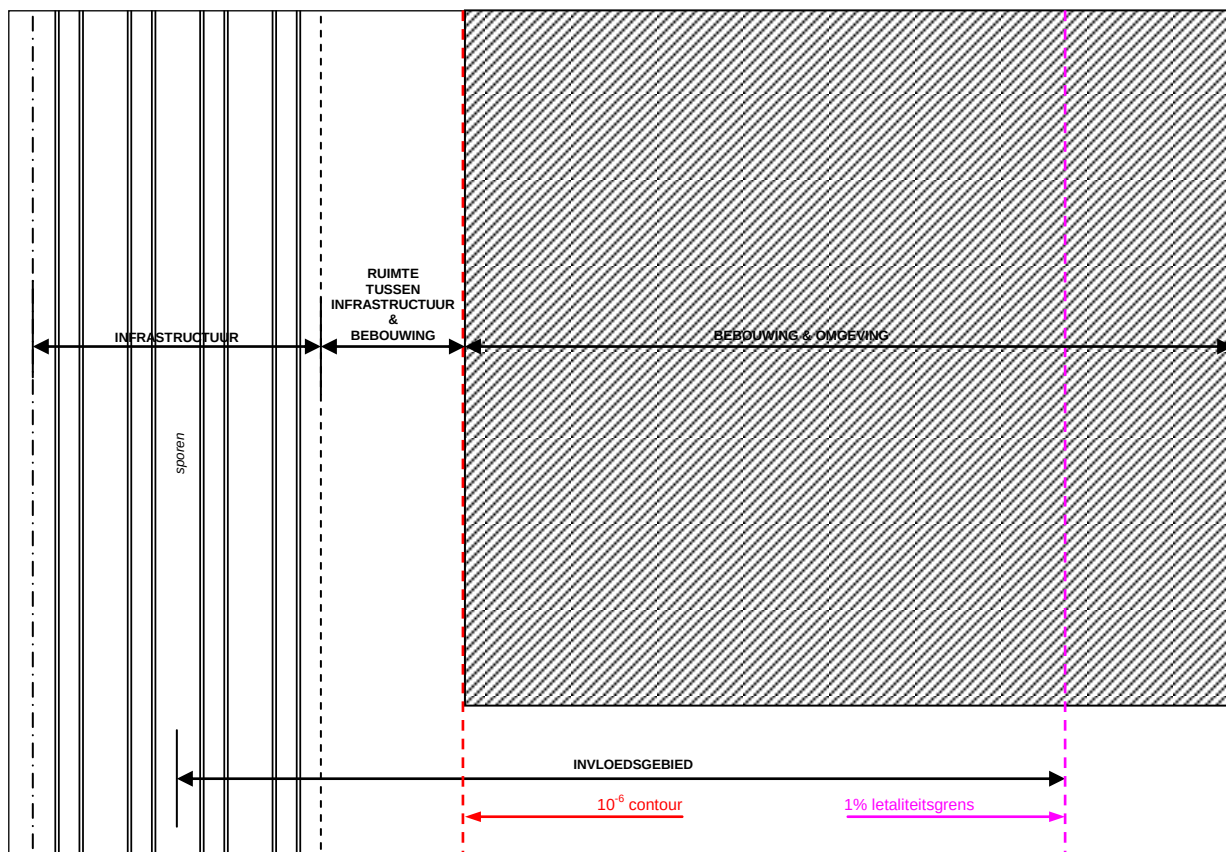
Het tussengebied is het gebied tussen de bron en de bebouwing. Maatregelen die in dit gebied getroffen kunnen worden vallen hieronder, evenals maatregelen met betrekking tot de inrichting van het gebied tussen de vervoerszijde en de bebouwing.

Maatregelen aan/in de bebouwing & omgeving (gebouw niveau)

Hierbij wordt gekeken naar maatregelen die getroffen kunnen worden aan of in het gebouw en omgeving.



Figuur B3: functionele indeling van de ruimte langs infrastructuur (dwarsdoorsnede), BRON: SSCM



Figuur B4: functionele indeling van de ruimte langs infrastructuur (bovenaanzicht), BRON: SSCM

Methodiek bepaling 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

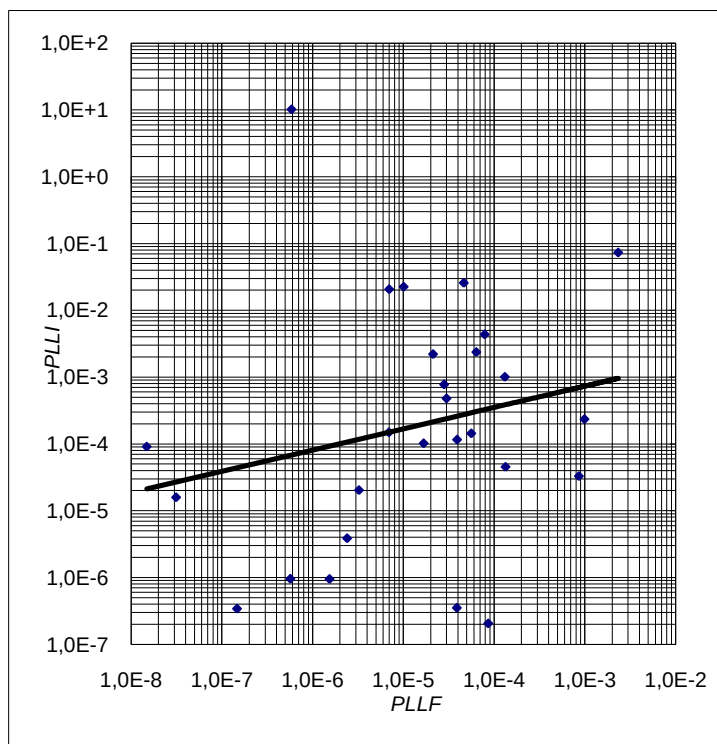
De koppeling tussen de grootheden plaatsgebonden- en groepsrisico en de verwachtingswaarde van het aantal doden per jaar als gevolg van een ongeval wordt in de internationale literatuur mondjesmaat gedaan. Voorbeelden van wetenschappelijke artikelen, papers of rapporten die de koppeling maken zijn bijvoorbeeld 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.5: 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 Elst Centraal:

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

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

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 PLLF 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

$$PLLF = \sum_1^{\infty} N \cdot P(N) = \sum_1^{\infty} N \cdot [F(N) - F(N + 1)] \quad (5)$$

Waarin:

PLLF 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 Elst centraal:

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

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:

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

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

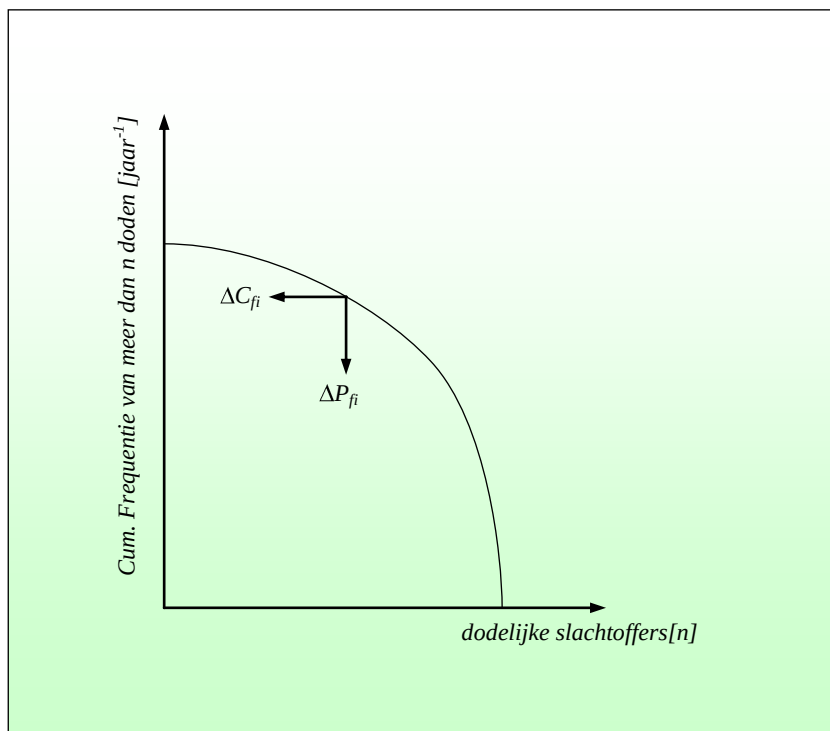
ΔR_i = risicoreducerend effect van een maatregel [doden jaar⁻¹];

ΔC_{f_i} = effectreductie [doden];

ΔP_{f_i} = kansreductie [jaar⁻¹].

In de FN-curve is dit effect schematisch weergegeven in figuur B.6.

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_{difi} 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.6: 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:

$\lambda_j =$	0,01	0,1	1	10
waardering	++	+	0	-
effectreductie				
kwalitatief				

Dit levert de volgende kentallen op:

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

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 door de gemeente. Op een aantal punten is dit aangevuld door DGMR. De kosten zijn opgenomen in bijlage 9.

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 Elst centraal in dit rapport uitgewerkt. De benadering voor investeringskosten per bespaard statistisch mensenleven is derhalve niet verder uitgewerkt.

Achtergrondinformatie voor de bepaling van het risicoreducerend effect van maatregelen

Bepaling van de verwachtingswaarde van dodelijke slachtoffers bij Elst Centraal zonder maatregelen

Voor de bepaling van het aantal aanwezigen in het invloedsgebied is het plan Elst Centraal 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:

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

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 volgens tabel B.7. 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.

Tabel B.7
De (gemiddelde) conditionele kansen $P_{d|fi}$ per strook per scenario

scenario	effect	stofcat	ongevalscenario	ongeval-frequentie	$P_{d fi}$ strook 1	$P_{d fi}$ strook 2
1	warmte straling	A	fakkelbrand, continu	$1.17 \cdot 10^{-7}$	0,9	0,02
2	warmte straling	A	wolkbrand continu	$1.17 \cdot 10^{-7}$	0,95	0,05
3	warmte straling	A	wolkbrand instantaan	$3.13 \cdot 10^{-8}$	0,999	0,5
4	warmte straling	A	koude BLEVE	$1.25 \cdot 10^{-7}$	1	0,5
5	piek overdruk	A	koude BLEVE	n.v.t.		
6	warmte straling	A	warme BLEVE	$1.37 \cdot 10^{-7}$	1	0,75
7	piek overdruk	A	warme BLEVE	n.v.t.		
8	warmte straling	C3	plasbrand 300 m ²	$4.85 \cdot 10^{-6}$	0,2	0
9	warmte straling	C3	plasbrand 600 m ²	$3.23 \cdot 10^{-6}$	0,4	0
10	toxische belasting	D3	vrijkomen toxische vloeistof 300 m ²	$5.10 \cdot 10^{-8}$	0,2	0,1
11	toxische belasting	D3	vrijkomen toxische vloeistof 600 m ²	$3.40 \cdot 10^{-8}$	0,4	0,2
12	toxische belasting	D4	vrijkomen toxische vloeistof 300 m ²	$3.06 \cdot 10^{-7}$	0,9	0,65
13	toxische belasting	D4	vrijkomen toxische vloeistof 600 m ²	$2.04 \cdot 10^{-7}$	1	0,8

scenario	effect	stofcat	ongevalscenario	ongeval-frequentie	$P_{d fi}$ strook 1	$P_{d fi}$ strook 2
14	toxische belasting	B2	vrijkomen continu	$3.88 \cdot 10^{-7}$	1	0,85
15	toxische belasting	B2	vrijkomen instantaan	$2.58 \cdot 10^{-8}$	1	0,5
16	toxische belasting	B3	vrijkomen continu	$2.84 \cdot 10^{-9}$	1	0,75
17	toxische belasting	B3	vrijkomen instantaan	0	1	0,9

Bepaling van de verwachtingswaarde van dodelijke slachtoffers bij Elst Centraal met maatregelen

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

$$E(N_d)_{ij} = \sum_{i=1} P_{fi} \lambda_{j, \text{strook } 1} ((P_{d|fi} \cdot N_{pi})_{\text{strook } 1, \text{dag}} + (P_{d|fi} \cdot N_{pi})_{\text{strook } 1, \text{nacht}}) + \lambda_{j, \text{strook } 2} ((P_{d|fi} \cdot N_{pi})_{\text{strook } 2, \text{dag}} + (P_{d|fi} \cdot N_{pi})_{\text{strook } 2, \text{nacht}})$$

(21)

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

- $\lambda_{j, \text{strook } 1}$ de effectreductie is voor strook 1;
- $\lambda_{j, \text{strook } 2}$ de effectreductie is voor strook 2.

De risicoreductiefactor per maatregel is in bijlage 7 weergegeven.

Bijlage 8

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	λ str 1	λ 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	λ str 1	λ 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	λ str 1	λ 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	λ str 1	λ 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	λ str 1	λ 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	λ str 1	λ 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	λ str 1	λ 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	λ str 1	λ 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	λ str 1	λ 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	λ str 1	λ 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	λ str 1	λ 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	λ str 1	λ 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	λ str 1	λ 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	λ str 1	λ 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	λ str 1	λ 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	λ str 1	λ 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	λ str 1	λ 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	λ str 1	λ 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	λ str 1	λ 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	λ str 1	λ 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	λ str 1	λ 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	λ str 1	λ 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	λ str 1	λ 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 2:

id	sc_nr	effecten	stofcat	λ str 1	λ 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	λ str 1	λ 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	λ str 1	λ 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	λ str 1	λ 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	λ str 1	λ 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	λstr 1	λstr 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 9

Kosten van maatregelen

[illegible]

k:\doc\m\2007\565216\m2007565216r003.docx 03-06-2010

Deze overzichten bevatten niet de kosten van alle maatregelen en zijn op een aantal onderdelen door DGMR bijgesteld. Deze bijstellingen en aanvullingen zijn grove inschattingen die nog kunnen worden bijgesteld. Het betreft:

Maatregel 3: DGMR verwacht dat dit een onderschatting is en heeft het bedrag met een factor 10 verhoogd

Maatregel 4: DGMR heeft deze maatregel opgesplitst ten behoeve van de analyse. Tot 30 meter zijn de kosten aangehouden volgens opgaaf van de gemeente. Vanaf 90 meter is deze maatregel effectief tegen warmtestraling vanwege een BLEVE. Deze aanvullende kosten zijn ingeschat op € 250.000,-- voor maatregel 4B (bovenop de kosten voor maatregel 4A)

Maatregel 10: DGMR schat in dat de kosten hiervan € 200.000,-- bedragen (exclusief automatisch detectie van toxische stoffen)

Maatregel 14C: DGMR schat in dat de kosten hiervan € 500.000,-- bedragen. Dit is een ruimte voor circa 15 personen) waarin het crisismanagement in geval van een ongeval uitgevoerd kan worden.

Voor de maatregelen 17 tot en met 31 dient in de meeste gevallen nog gezien te worden hoe dit wordt ingevuld en wat reeds aanwezig is. Dat zal in ontwerpatelier II aan de orde komen. De posten zijn nu in de meeste gevallen op € 1.000,-- gezet, zodat het risicoreducerend effect wel zichtbaar is.

Bijlage 10

Conceptadvies brandweer

Memo

Aan : Projectgroep Elst Centraal
Van : M.T. Yntema
CC : E. Weterings
Ons kenmerk : CONCEPT
Datum : 9 december 2009
Betreft : (CONCEPT) Advies Brandweer inzake Ontwerp Plangebied Elst Centraal

Inleiding

Naar aanleiding van de bijeenkomst Ontwerpatelier 1 geef ik u hieronder een advies over het plangebied Elst Centraal. De lokale brandweer is in eerste instantie verantwoordelijk voor de adviezen op het gebied van fysieke veiligheid voor bestemmingsplannen en ruimtelijke ontwikkelingen. Indien in een ruimtelijk plan externe veiligheid een rol speelt, is de regionale brandweer (Hulpverleningsdienst Gelderland Midden) de adviserende partij in het kader van het Besluit Externe Veiligheid Inrichtingen en de Circulaire Risiconormering Vervoer Gevaarlijke Stoffen. In dit advies wordt daarom niet ingegaan op externe veiligheid

Aan de hand van de, landelijk vastgestelde, criteria: bereikbaarheid, bluswatervoorziening en waarschuwingsstelsel is dit advies opgesteld. Elk criterium wordt afzonderlijk behandeld. Aansluitend zullen de belangrijkste adviezen weergegeven worden.

Bereikbaarheid

Bij bereikbaarheid gaat het er om waar het ruimtelijk plan aan moet voldoen om de brandweer zonder problemen door het gebied te laten komen en snel ter plaatse kunnen zijn. Wat betreft de bereikbaarheid is aangesloten bij het programma Duurzaam Veilig waarbij de volledige weginfrastructuur wordt ingedeeld in verkeersaders (dit zijn stroomwegen en gebiedsonsluitingswegen) en verblijfsgebieden. Verkeersaders vallen in ieder geval onder de hulpverleningsroutes. Dit kan uitgebreid worden met zogenaamde erftoegangswegen die ook dienst (kunnen) doen als hulpverleningsroute.

Adressen

Vanaf het verlaten van een verkeersader moet een willekeurig adres in een verblijfsgebied binnen 1 à 2 minuten bereikt kunnen worden. De gemiddelde snelheid die een brandweervoertuig in een niet ingericht verblijfsgebied kan voeren, ligt gelijk aan de snelheid binnen de bebouwde kom (30 km/u). De gemiddelde snelheden op verkeersaders liggen gelijk of zelfs hoger dan de snelheid van het overige verkeer. Omgerekend betekent dit dat een adres maximaal 1000 meter van een verkeersader mag liggen. Daarnaast acht de brandweer het noodzakelijk dat er een tweede onafhankelijke route in het plan wordt opgenomen omdat niet gegarandeerd kan worden dat de eerste route altijd bruikbaar is (werkzaamheden, opstoppen, fout parkeren etc.).

Bij de bereikbaarheid van adressen moet geborgd worden dat de brandweer bij afgesloten terreinen ook op het terrein kan komen.

Wegen

Om het gewicht van een tankautospuut te kunnen dragen moet het wegdek een minimale asbelasting van 100 kN aan kunnen. Daarnaast moeten eventuele overhangende obstakels minimaal 4.2 meter boven het wegdek hangen, in verband met de (variabele) hoogte van brandweervoertuigen. De breedte van de rijbaan van een rechte weg moet minimaal 3,5 meter zijn om een brandweervoertuig

doorgang te geven. Deze 3,5 meter is overigens zonder aangrenzende parkeervakken. Bij tweerichtingsverkeer is een rijbaanbreedte nodig van minimaal 6 meter. Voor erftoegangswegen, die niet gebruikt worden als hulpverleningsroute is 4,5 meter voldoende.

Naast de afmetingen van de wegen moet ook rekening gehouden worden met bochtstralen. Dit omdat brandweervoertuigen andere dimensies hebben dan normale voertuigen. Om een bocht ideaal te kunnen nemen, zonder te hoeven steken, moet een bocht minimaal een buitenbochtstraal van 10 meter hebben en een binnenbochtstraal van 5,5 meter. Dit bevordert ook weer de opkomsttijd van de brandweer.

In het geval van calamiteiten is het noodzakelijk dat de hulpdiensten gebruik kunnen maken van een zogenaamde calamiteitenroute. Dit zijn routes die geheel vrij gehouden dienen te worden waardoor parkeren of stilstaan hier niet is toegestaan. Wij vinden het noodzakelijk dat de, in het stedenbouwkundig plan, aangegeven voetgangers - en fietstunnel in het geval van nood door de hulpdiensten gebruikt kan worden. Dit met het oog op de bereikbaarheid en opkomsttijden van de brandweer. Het gaat hierbij om de opkomsttijden van de eerste brandweereenheid. Het College van Burgemeester en Wethouders is verantwoordelijk om de maximale opkomsttijd voor alle objecten te borgen. Een aandachtspunt hierbij is dat voor nieuwe ruimtelijke situaties gezorgd wordt dat niet zelfredzame functies of functies met zeer veel bezoekers binnen de normtijden vallen. Het Huis der Gemeente is een voorbeeld van een ruimtelijke functie met veel bezoekers.

Opstelplaatsen

Gebouwen met een vloerhoogte van meer dan 6 meter ten opzichte van het omliggend terrein moeten voldoen aan het bouwbesluit eerste fase, of bereikbaar zijn voor redvoertuigen (dit gebeurt meestal door een opstelvak). Indien de vloerhoogte meer dan 6 meter bedraagt, is redding door middel van een schuifladder onmogelijk.

Een (woon)adres is bereikbaar voor de brandweer wanneer de tankautospuiter de toegang van het gebouw tot op een afstand van maximaal 40 meter kan benaderen. De opstelplaats moet bereikbaar zijn over een weg die tenminste voldoet aan de eisen voor wegprofiel (zie onderdeel wegen). Een doodlopende weg langer dan 40 meter is toelaatbaar indien deze minimaal 5 meter breed is. Indien aan het eind van de weg een keerlus aanwezig is waar een brandweervoertuig kan keren, mag uit worden gegaan van een weg met een minimale breedte van 4,5 meter.

Een locatie dient voor de tankautospuiter goed bereikbaar te zijn. Voor de tankautospuiter dient een breedte worden gereserveerd van 4 meter en een lengte van 10 meter. De aanrijroute dient een obstakelvrije hoogte van 4,2 meter te hebben. De weg en de opstelplaats dienen bestand te zijn tegen een aslast van 10 ton, en een totaalgewicht van 15 ton.

Voor een redvoertuig (autoladder of hoogwerker) dient een breedte te worden gereserveerd van 5 meter en een lengte van 10 meter. De weg en opstelplaats dienen bestand te zijn tegen een aslast van 10 ton en een totaalgewicht van 25 ton. Bij de projectering van de opstelplaats moet rekening worden gehouden met de vlucht die haalbaar is bij een korfbelasting van twee personen (180kg). Vanuit de opstelplaats moeten ramen, balkons etc. voor het redvoertuig bereikbaar zijn. Om goed met een redvoertuig te kunnen manoeuvreren is tussen de gevel en het draaipunt van het voertuig een obstakelvrij gebied noodzakelijk.

Bluswatervoorziening

De primaire bluswatervoorziening wordt (vooral) gevormd door ondergrondse en bovengrondse brandkranen op het drinkwaterleidingnet. Primaire bluswatervoorzieningen worden veelal niet opgenomen in ruimtelijke plannen. Hiervoor wordt vaak gebruik gemaakt van uitvoeringsplannen.

Door het nieuwe beleid van de waterleidingmaatschappijen worden de waterleidingdiameters verkleind. Hierdoor is er minder bluswater beschikbaar. Voor deze situaties is het dus noodzakelijk om binnen een redelijke afstand een extra hoeveelheid bluswater te hebben om toch over voldoende bluswater te kunnen beschikken. Daarom is het belangrijk dat in de proactieve fase zorg gedragen wordt voor goede secundaire en tertiaire bluswatervoorzieningen. Een voorbeeld van een secundaire voorziening is een bluswatervijver die aan bepaalde voorwaarden voldoet.

Een tertiaire bluswatervoorziening is een voorziening waarbij vanuit open water een watertransportsysteem (WTS) met een pomp wordt opgebouwd. Het is een voorziening voor de bestrijding van incidenten waarvoor de brandweer meer water of voor langere tijd water nodig

heeft. Het opbouwen hiervan kost behoorlijk wat tijd en daarom is de tertiaire geen vervanging voor de primaire en secundaire bluswatervoorzieningen. Het wordt gezien als een aanvullende voorziening.

Naast de standaard bluswatervoorziening is er nog een aantal alternatieve/aanvullende bluswatervoorzieningen mogelijk. Hierbij kan gedacht worden aan geboorde putten, bluswaterriolen of droge blusleidingen.

Waarschuwingstelsel

Voor het waarschuwen van de bevolking is in 1990 door het toenmalige kabinet op advies van de Commissie Voorlichting bij grootschalige Rampen en Incidenten (VORAMP) besloten tot de aanschaf van een waarschuwingstelsel (WAS). Om een goede dekking te realiseren van de WAS-palen zijn de volgende uitgangspunten van belang:

- 1.) Beoordeel of er in de nabijheid risico's aanwezig zijn (bijvoorbeeld risicovolle bedrijven en hoofdtransportroutes gevaarlijke stoffen) die van invloed zijn op het plangebied. In dit geval betreft het plangebied een zogenaamd risicogebied.
- 2.) Voor het plaatsen van WAS – palen is uitgangspunt dat in risicogebieden 1 sirene wordt geplaatst per 300 inwoners.

Het is dus van belang om te kijken of er een extra sirene in het plangebied geplaatst moet worden.

Conclusie

Uit bovengenoemde criteria volgen onderstaand de belangrijkste adviezen:

- **Bereikbaarheid**

1.) Het spoor moet bereikbaar zijn voor hulpverleningsdiensten. Dat betekent dat er langs het spoor ruimte moet zijn om voertuigen op te stellen en er moeten openingen (conform de toegankelijkheid in de geluidsschermen langs de Betuweroute) in de geluidsschermen gerealiseerd worden.

2.) Met betrekking tot de bereikbaarheid van het plangebied en de opkomsttijden dient er een calamiteitenroute gerealiseerd te worden. Dit naast de normale verkeeraders. Ik adviseer dan ook de bestemde voetgangers – en fietstunnel toegankelijk te maken voor de hulpverleningsdiensten.

- **Bluswatervoorziening**

Langs het spoor moeten bluswatervoorzieningen zijn met een gegarandeerde capaciteit van 360m³/per uur. Deze voorziening is ook aangelegd langs de Betuweroute en langs het spoor ter hoogte van de wijk Westeraam. Door het op de juiste wijze bestemmen van groenvoorzieningen en waterlopen kan de beschikbaarheid van voldoende bluswater gegarandeerd worden.

- **Waarschuwingstelsel**

In het plangebied is op dit moment geen sprake van een dekkend sirenenetwerk. Daarom moet een sirenepunt in het gebied aan worden gelegd. Daarnaast moet de alarmering geoptimaliseerd worden omdat in het plangebied woningen nabij de spoorlijn worden gerealiseerd. Een voorbeeld hiervan is bijvoorbeeld sms alert.

Ik vertrouw erop dat u de regionale en lokale brandweer om gedetailleerd advies zult vragen bij de verdere uitwerking van het plangebied Elst Centraal. Ik hoop u hiermee voldoende te hebben geïnformeerd. Voor aanvullende informatie kunt u contact opnemen met de Afdeling Veiligheid.

Bijlage 11

Aanvullend concept advies lokale brandweer

Memo

Aan : Projectgroep Elst Centraal

Van : M.T. Yntema

CC : H.P.B.J. Weterings

Ons kenmerk : CONCEPT

Datum : 17 februari 2010

Betreft : Aanvullend advies Brandweer inzake Ontwerp Plangebied Elst Centraal

Inleiding

Naar aanleiding van de bijeenkomst Ontwerpatelier 2 geef ik u hieronder de visie van Brandweer Overbetuwe ten aanzien van het plan 'Elst Centraal'. De lokale brandweer is in eerste instantie verantwoordelijk voor de adviezen op het gebied van fysieke veiligheid voor bestemmingsplannen en ruimtelijke ontwikkelingen. Indien in een ruimtelijk plan externe veiligheid een rol speelt, is de regionale brandweer (Hulpverleningsdienst Gelderland Midden) de adviserende partij in het kader van het Besluit Externe Veiligheid Inrichtingen en de Circulaire Risiconormering Vervoer Gevaarlijke Stoffen. In dit aanvullende advies wordt daarom niet ingegaan op externe veiligheid.

Conform het eerder gegeven advies in relatie tot het plan Elst Centraal wil Brandweer Overbetuwe op deze manier haar aanvullende bevindingen kenbaar maken. In het eerder uitgebrachte advies is onder meer gekeken naar de aspecten bereikbaarheid en bluswatervoorziening. Daarnaast zal in dit aanvullende advies het aspect zelfredzaamheid en bereikbaarheid spoor ook worden toegelicht. Elk van deze voorgenoemde aspecten worden hieronder afzonderlijk behandeld.

Zelfredzaamheid

Wat betreft de zelfredzaamheid kan gesteld worden dat er geen directe knelpunten worden geconstateerd. Er worden geen nieuwe ontwikkelingen voorgesteld waarin functies zijn opgenomen bedoeld voor mensen met een verminderde zelfredzaamheid. Een aandachtspunt hierbij is dat er wel functies met zeer veel bezoekers (Huis der Gemeente) zich in het plangebied bevinden. Daarnaast kan geconcludeerd worden dat de ontruiming van de voorgestelde panden/ voorgesteld plangebied voor problemen kan zorgen. Er is in het stedenbouwkundig ontwerp immers slechts één voor hulpdiensten te berijden rechtstreekse route. Dit aspect zal hieronder bij bereikbaarheid nader worden toegelicht.

Bereikbaarheid

Wat betreft de bereikbaarheid constateert de brandweer enige knelpunten. Dit is voornamelijk te wijten aan de gecombineerde spoorlijn Arnhem – Nijmegen. Op dit spoor vindt gecombineerd vervoer plaats, dit houdt in dat hier zowel persoonsvervoer als goederenvervoer plaatsvindt. De brandweerkazerne van Elst is aan de westzijde van de spoorlijn gelegen. Het plangebied is aan de oostkant gesitueerd. In het geval van een calamiteit zal het bereiken van het plangebied lastig worden door het feit dat slechts één tunnel onder het spoor door geschikt is voor brandweervoertuigen. In geval sprake is van een evacuatie van het plangebied (en aangrenzende grote woonwijk en bedrijventerrein) is het probleem zo mogelijk nog groter; immers (voor een groot deel) zullen mensen die het gebied dienen te verlaten gebruik maken van dezelfde route als de inkomende hulpdiensten. Uit recent onderzoek is gebleken dat mensen de voorkeur hebben voor het gebruiken van de route die zij op de 'heenweg' hebben genomen. Daarnaast bestaat het gevaar dat tijdens of voor een calamiteit zich een ongeval in of nabij de tunnel voordoet, waardoor de enige aanrijdroute voor de hulpdiensten ontoegankelijk wordt en er moet worden uitgeweken naar andere (langere) aanrijdroutes. Dit beïnvloedt de bestrijdbaarheid van een incident op of rond het spoor negatief.

Bovenstaande constatering achten het noodzakelijk dat de, in het stedenbouwkundige plan, aangegeven voetgangers – en fietstunnel in het geval van nood door de hulpdiensten gebruikt kan worden. Op deze manier hebben hulpdiensten te allen tijde een alternatieve route voor het snel bereiken van het plangebied. Het gaat hierbij dus in mindere mate om opkomsttijden, maar in meerdere mate om het bereikbaar maken én houden van het plangebied in het geval van een calamiteit.

Bluswatervoorzieningen

Met het oog op de veiligheid van de verblijfsgebieden langs het spoor in het noodzakelijk om calamiteiten op het spoor snel te kunnen bestrijden. Daartoe dienen die delen van het spoor die zich in bebouwde gebieden bevinden voorzien te worden van voorzieningen ten aanzien van bereikbaarheid en bluswatervoorziening. Voor wat betreft bereikbaarheid verwijs ik u naar het kopje bereikbaarheid spoor.

In verband met het transport van gevaarlijke stoffen over de aanwezige spoorlijn dient voor de brandweer voldoende bluswater te worden gerealiseerd (6000 liter per minuut = 360m³ per uur). Bovendien moet de bereikbaarheid van de bluswatervoorziening worden gewaarborgd en zullen er langs het spoor opstelplaatsen voor tenminste 3 voertuigen gecreëerd moeten worden. Dit geldt ook voor de plaatsen waar functies gepland zijn.

Een dergelijke bluswatervoorziening is ook aangelegd bij de Betuweroute en langs het spoor ter hoogte van de wijk Westeraam. Voor de specifieke details verwijs ik u naar het rapport Westeraam te Elst, Definitief ontwerp, Bluswatervoorziening Spoorzone van Gem Westeraam Beheer BV, De heer R. de Vries, Arcadis.

Bereikbaarheid spoor

De bereikbaarheid van de spoorlijn dient te worden gewaarborgd. Het materiaal/materieel van de brandweer is erop gericht om van korte afstand op te treden. Het is niet mogelijk om de hoeveelheden zwaar materiaal die bij de bestrijding van een spoorwegongeval nodig zijn, over een afstand van 2 km te voet te vervoeren. Indien de plaats van het ongeval niet met voertuigen tot op 50-100m kan worden benaderd wordt de bestrijding van de bron niet mogelijk geacht. Hierdoor ontstaan de volgende eisen op het gebied van de bereikbaarheid:

- Elk punt van de spoorlijn moet met een voertuig tot op 100 meter benaderd kunnen worden;
- De plaats van het incident dient over een afstand van maximaal 100 meter te voet bereikt te kunnen worden;
- Indien geluidsschermen worden geplaatst moeten om de 100 meter openingen worden gerealiseerd, zowel uit oogpunt van ontvluchting als van toetreding door hulpverleningsdiensten.

Een vluchtdoorgang in het geluidsscherm moet aan de onderstaande eisen voldoen:

- In verband met het passeren van brancards moet de doorgang tenminste 1.20m breed zijn;
- Een deur moet 'naar buiten' open zwaaien;
- In verband met de doorvoer van slangen dient een aparte voorziening te worden getroffen; ofwel een luik aan de onderzijde naast de deur ofwel een aantal ingebouwde Storkkoppelingen aan de binnen – en buitenzijde slangen kunnen worden aangekoppeld.

Conclusie

Uit de bovengenoemde criteria volgen onderstaand de belangrijkste adviezen:

- **Zelfredzaamheid**

Een aandachtspunt hierbij is dat er functies met zeer veel bezoekers (Huis der Gemeente) zich in het plangebied bevinden. Daarnaast kan geconcludeerd worden dat de ontruiming van de voorgestelde panden/ voorgesteld plangebied voor problemen kan zorgen. Er is in het stedenbouwkundig ontwerp immers slechts één voor hulpdiensten te berijden rechtstreekse route.

- **Bereikbaarheid**

Met betrekking tot de bereikbaarheid en ontvluchting van het plangebied dient er een calamiteitenroute gerealiseerd te worden. Ik adviseer dan ook de bestemde voetgangers – en fietstunnel toegankelijk te maken voor de hulpverleningsdiensten.

- **Bluswatervoorziening**

Langs het spoor moeten bluswatervoorzieningen gecreeerd worden met een gegarandeerde capaciteit van 6000 liter per minuut. Deze voorziening heeft men ook aangelegd langs de Betuweroute en langs het spoor ter hoogte van de wijk Westeraam.

- **Bereikbaarheid van het spoor**

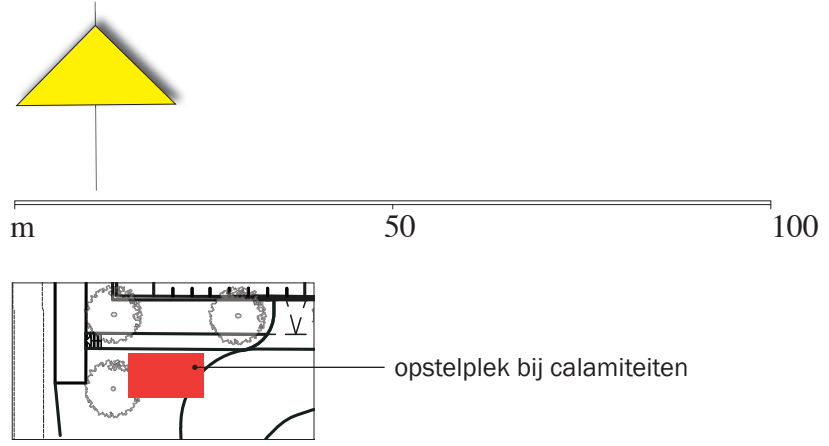
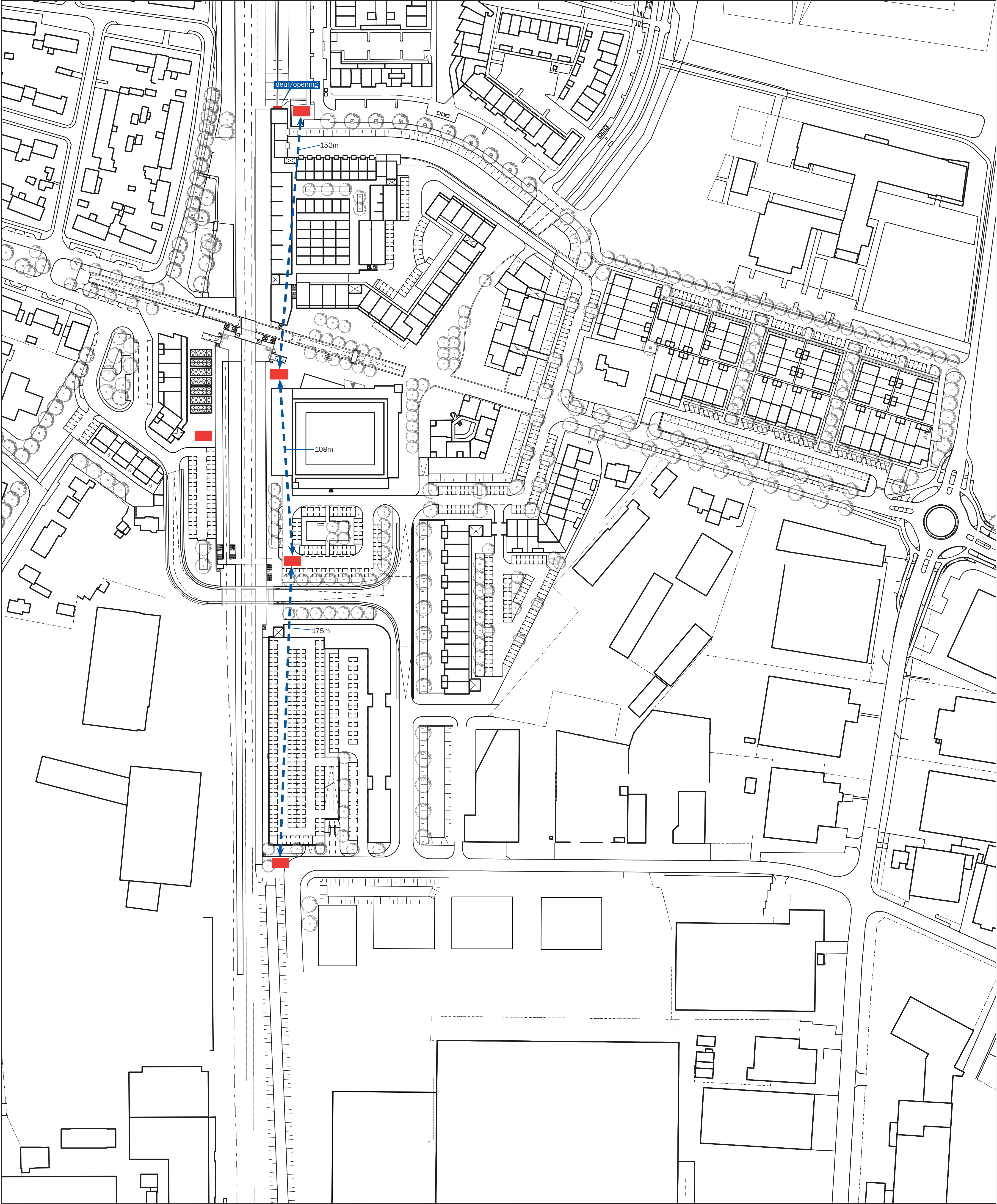
De bereikbaarheid van het spoor dient op alle punten langs het spoor gewaarborgd te worden. Dit is noodzakelijk om calamiteiten op het spoor snel te kunnen bestrijden.

Ik vertrouw erop dat u de regionale en lokale brandweer zult betrekken bij de verdere uitwerking van het plangebied Elst Centraal. Ik verwacht u hiermee voldoende te hebben geïnformeerd.

Voor vragen kunt u contact opnemen met M. T. (Marrit) Yntema van de Afdeling Veiligheid.

Bijlage 12

Ligging opstelplaatsen voor de brandweer



Gemeente Overbetuwe
Elst-Centraal
Overzicht opstelplekken bij calamiteiten

datum: 23 maart 2010
schaal: 1:2000
in opdracht van:
Gemeente Overbetuwe

Muurhuizen 165
3811 EG Amersfoort
Tel 033 469 01 55
Fax 033 469 01 56
www.bis-stedenbouw.nl



BUREAU VOOR INTEGRALE STADSPANNING