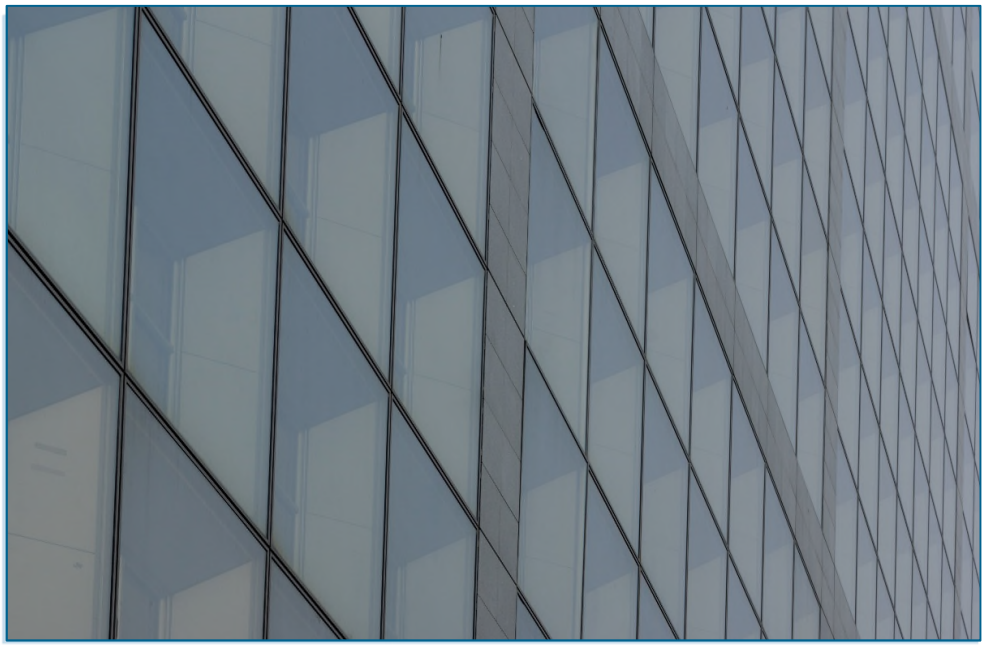


Beglazing in explosieaandachtsgebieden

Toepassing scherfvrij glas

Informatiebundel omgevingsveiligheid

projectnummer
01.0456797.100
definitief
8 april 2020

Understanding today.
Improving tomorrow.

Toepassing scherfvrij glas

Informatiebundel omgevingsveiligheid

projectnummer 01.0456797.100

definitief revisie 00
8 april 2020

Auteurs

Jeroen Eskens, Antea Group
Susan Eggink-Eilander, Antea Group
Matthijs de Maaijer, Antea Group
Nasiem Vafa, Antea Group
Karel Stijkel, Antea Group
Frank Meijer, Antea Group
Mark Spijker, AGC
Anton Peters, AGC

datum vrijgave	beschrijving revisie 00	goedkeuring	vrijgave
8 april 2020	definitief	Matthijs de Maaijer	Jeroen Eskens

Inhoudsopgave

		Blz.
1	**Inleiding**	**1**
2	**Deel 1: Keuzes voor omgevingsveiligheid**	**2**
2.1	Verwonding van personen door de scherfwerking van glas	2
2.2	Wetgeving: aandachts- en voorschriftgebieden	3
3	**Keuzes: Wie moet wat doen?**	**5**
3.1	Acties en keuzes voor een gemeente.	5
3.2	Acties en keuzes voor de planontwikkelaar / aannemer	6
3.3	Ten slotte	6
4	**Deel 2: Toepassing van scherfvrij glas**	**7**
4.1	Gecombineerde glastoepassingen	8
4.2	Het gebruik van folies als glasbindende factor	8
4.3	Het betreden van gebouwen bij extreme calamiteiten	9
4.4	De meerkosten van het toepassen van scherfvrij glas	10
5	**Ontwerpeisen en normen**	**11**
5.1	Keuzes bij de afstandsbepaling tussen de explosiebron en het object	11
5.2	Berekening van de drukbelasting van het glas	12
5.3	Welke normen zijn relevant bij scherfvrij glas?	14
5.4	Omgang met omgevingsreflecties	14
5.5	De afstand waarop geen glasmaatregelen meer nodig zijn	15
5.6	Kans op inpandige explosies?	15
5.7	De informatie die een certificaat moet bevatten	15
6	**Bepalen van de glasopbouw en –plaatsing**	**16**
6.1	Bepaling glasopbouw	16
6.2	De plaatsing van het glas in het kozijn	17

Bijlagen

Bijlage 1: De normen
Bijlage 2: De ontwerpafstand bij punt en lijnbronnen
Bijlage 3: Benodigde informatie voor glasleverancier
Bijlage 4: Voorbeeld rekenresultaat glasleverancier
Bijlage 5: Literatuuroverzicht
Bijlage 6: De drukgolf en reflectie gevisualiseerd
Bijlage 7: De begeleidingscommissie

1 Inleiding

Glas is veelal de zwakste schakel van een bouwwerk wanneer het wordt blootgesteld aan de effecten van een explosie. Door het treffen van maatregelen valt de bescherming van personen in het gebouw te verbeteren. De Omgevingswet biedt een juridische basis voor het toepassen van de maatregelen.

Glas dat bij een explosie geen glasscherven 'laat rondvliegen' – en daardoor mensen beschermd - is voor velen een nieuw onderwerp. In deze informatiebundel worden de essenties toegelicht die relevant zijn bij de vraag of scherfvrij glas toepast moet worden en zo ja, hoe het toepast moet worden.

Het doel van het informatiedocument

Dit document noemt criteria en geeft voorstellen voor beleidsuitgangspunten. Deze criteria kunnen bijvoorbeeld door gemeenten en bouwondernemers gebruikt worden om invulling te geven aan de eisen zoals bedoeld in artikel 4.96 van het Besluit bouwwerken leefomgeving. Ook wordt in deze rapportage informatie gegeven over de toe te passen rekenmethoden.

De informatiebundel representeert de huidige kennis. Deze bundel bestaat uit 2 delen:

- Deel 1: Keuzes voor Omgevingsveiligheid, wie doet wat?.
- Deel 2: Toepassing van scherfvrij glas.

In deze rapportage spreken we over de toepassing van scherfvrij glas. In de praktijk wordt soms ook gesproken over scherfwerend glas. Deze benaming is onjuist. Glas weert geen scherven, zoals een kogelwerend vest kogels weert. Glas is bij een explosie de bron van de scherven.

De positie van dit informatiedocument

In 2010 is door Antea Group, in opdracht van het IPO, de rapportage 'Bouwkundige maatregelen externe veiligheid, een eerste aanzet voor een catalogus' opgesteld. De onderhavige rapportage over toepassing van scherfvrij glas vervangt in die catalogus de informatie inzake explosies.

Opdrachtgevers en begeleiding

Het opstellen van deze informatiebundel is mogelijk gemaakt door Impuls Omgevingsveiligheid. De informatiebundel is tot stand gekomen onder begeleiding van de opdrachtgevers, en vertegenwoordigers van de het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Veiligheidsregio's, gemeenten, bouwend Nederland en het RIVM.

Leeswijzer

In **hoofdstuk 2** wordt ingegaan op keuzes voor omgevingsveiligheid. In **hoofdstuk 3** wordt ingegaan op keuzes en acties voor gemeenten in bouwers. **Hoofdstuk 4** beschrijft de toepassing van scherfvrij glas. **hoofdstuk 5** richt zich op ontwerpeisen en normen. **Hoofdstuk 6** gaat over de bepaling van de glasopbouw. In de **bijlagen** worden ten slotte specifieke onderdelen toegelicht.

Citeren uit deze rapportage toegestaan onder bronvermelding.

2 Deel 1: Keuzes voor omgevingsveiligheid

Glas is een veelzijdig materiaal en heeft de eigenschap dat het licht doorlaat. Dat maakt het geschikt voor vele toepassingen. In de bouw wordt glas dan ook op grote schaal voor veel verschillende doeleinden toegepast. Al deze toepassingen vragen specifieke glaseigenschappen.
Met de komst van de Omgevingswet en specifiek artikel 4.96 van het Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl), worden voor sommige situaties eisen gesteld aan de scherfwerking van beglazing in geval van een explosie. De kans op een explosie is bijzonder klein, maar indien zich een explosie voordoet moet voorkomen worden dat mensen in een gebouw letsel oplopen door scherfwerking van beglazing. Voordat ingegaan wordt op de keuzes voor omgevingsveiligheid, wordt eerst informatie gegeven over het doel: beschermen van personen en het wettelijk kader.

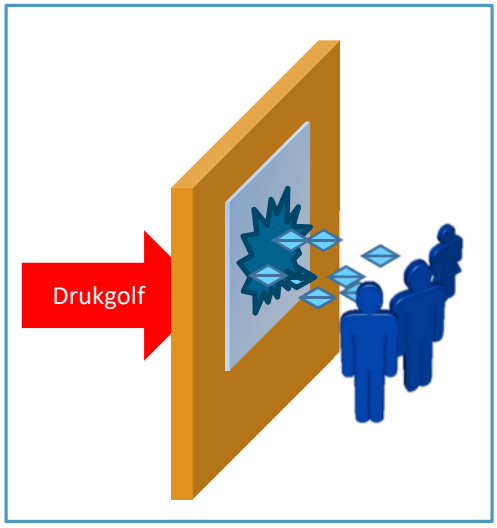
2.1 Verwonding van personen door de scherfwerking van glas

Letsel bij personen binnen

Scherven van ruiten die breken bij een explosie kunnen mensen die zich achter de ruit bevinden ernstig verwonden of zelfs direct doden.

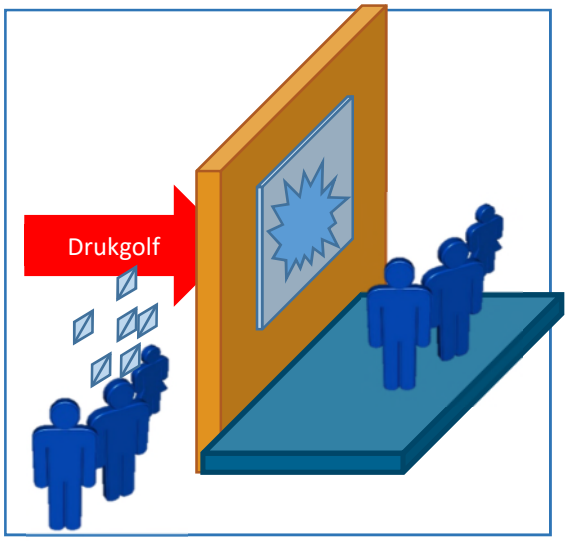
Daarnaast kunnen verwonde personen verhinderd zijn zichzelf in veiligheid te brengen.

Explosieproeven met beglazing laten zien dat de ruimtelijke spreiding van de glasscherven beperkt blijft. De meeste glasscherven worden teruggevonden in het vlak recht achter de ruit. Een persoon die zich tot enkele meters achter de ruit bevindt heeft een grote kans getroffen te worden.



Figuur 2-1:Naar binnen gerichte scherfwer-

Letsel bij personen buiten



Een explosiedrukgolf wordt direct na de sterke overdrukfase doorgaans gevolgd door een lichte onderdrukfase. Daarbij kan het gebeuren dat een ruit bij de sterke overdrukfase niet kapot gaat, maar in de onderdrukfase naar buiten wordt ‘gezogen’ en scherven naar beneden vallen. Deze scherven kunnen daardoor mensen die beneden lopen (vluchten) verwonden.

Figuur 2-2: Naar buiten gerichte scherfwerking met gevaar van vallende scherven vanaf een hoger gelegen verdieping.

Citeren uit deze rapportage toegestaan onder bronvermelding.

2.2 Wetgeving: aandachts- en voorschriftgebieden

Omgevingsveiligheid gaat over de risico's die ontstaan als gevolg van opslag of handelingen met gevaarlijke stoffen. Dit kan betrekking hebben op bedrijven of transportroutes. De kans op een incident met gevaarlijke stoffen is klein, maar de gevolgen kunnen groot zijn met letale gevolgen.

In deze paragraaf worden de essenties van relevante wetgeving toegelicht. Voor een verdere toelichting wordt verwezen naar de desbetreffende wetgeving en toelichtende documentatie.

Aandachtsgebieden

De Omgevingswet introduceert aandachtsgebieden. Aandachtsgebieden zijn gebieden waar mensen binnenshuis, zonder aanvullende maatregelen onvoldoende beschermd zijn tegen de gevaren die in de omgeving kunnen optreden (ten gevolge van incidenten met gevaarlijke stoffen). Dat betekent dat er zich bij een ongeval nog levensbedreigende gevolgen voor personen in gebouwen kunnen voordoen. Daarbij is er onderscheid tussen drie soorten gevaren voor de omgeving: warmtestraling (brand), overdruk (explosie) en concentratie giftige stoffen in de lucht (gifwolk). Dit document richt zich op de toepassing van scherfvrij glas in explosieaandachtsgebieden.

De omvang van (explosie)aandachtsgebieden is wettelijk bepaald. In bijlage VII van het Besluit kwaliteit leefomgeving is de omvang van veel aandachtsgebieden per risicobron benoemd. Bij transportroutes gelden vaste aandachtsgebieden. Bij Brzo-bedrijven moeten de aandachtsgebieden berekend worden.

	Omvang explosieaandachtsgebied transportassen (lijnbronnen)	
	Afstand (m)	Gemeten vanaf
Spoor	200	Buitenste spoor
Wegen	200	Buitenste kantstreep
Het gaat hierbij om (spoor)wegen die aangewezen zijn in de Regeling basisnet.		
	Omvang explosieaandachtsgebied puntbronnen	
	Afstand (m)	Gemeten vanaf
LPG-tankstation	160	Vulpunt en bovengrondse opslagtank

Dat een gebied onderdeel uitmaakt van een aandachtsgebied betekent niet dat er bij nieuwbouw altijd scherfvrij glas toegepast moet worden. In veel situaties kan een gemeente via het Omgevingsplan vaststellen of die maatregelen van toepassing zijn.

Voorschriftengebied

Een gemeente kan in het Omgevingsplan zelf bepalen of een explosie*voorschriften*gebied voor een deel of het hele explosie*aandachts*gebied wordt vastgesteld. Voor zeer kwetsbare gebouwen binnen explosieaandachtsgebieden is altijd een voorschriftengebied van toepassing en gelden altijd aanvullende bouwkundige eisen.

Als er sprake is van een brand én explosieaandachtsgebied, moet glas bescherming bieden tegen brand én explosies. Deze combinatie is complex en vraagt specifieke glasoplossingen. In de voorliggende informatiebundel wordt alleen ingegaan op scherfvrij glas en niet op de combinatie brandwerend- en scherfvrij glas.

Artikel 4.96 van het Besluit bouwwerken leefomgeving geeft aan dat binnen een explosievoorschriftengebied letsel ten gevolge van scherfwerking voorkomen moet worden. Het artikel is echter algemeen geformuleerd. Daarom wordt in dit document informatie gegeven hoe er aan deze eis kan worden voldaan.

Citeren uit deze rapportage toegestaan onder bronvermelding.

Artikel 4.96 Bbl geeft aan:
"In een explosievoorschriftengebied gelegen beglazing is zodanig dat bij een explosie letsel door scherfwerking wordt voorkomen".

De toelichting van artikel 4.96 Bbl geeft aan:
Dit artikel **vermindert** bij een explosie **het risico** op rondvliegende glasscherven van in een explosievoorschriftengebied gelegen beglazing. Bij het bepalen van de weerstand tegen scherfwerking zal moeten worden uitgegaan van de van een in artikel 5.12 tweede lid Bkl bedoelde overdruk van ten minste 10 kPa (= 0,1 Bar).

Wanneer is artikel 4.96 Bbl van toepassing?

Artikel 4.96 Bbl is van toepassing als een gemeente binnen een explosieaandachtsgebied een explosievoorschriftengebied heeft aangewezen en er sprake is van nieuwbouw ten behoeve van de in artikel 4.90 genoemde functies:

Uit artikel 4.90 Besluit bouwwerken leefomgeving volgt dat de eisen van toepassen zijn bij:	
1. Woonfuncties 2. Bijeenkomstfuncties 3. Celfunctie 4. Gezondheidsfunctie 5. Andere industriefuncties 6. Kantoorfuncties 7. Logiesfuncties 8. Onderwijsfunctie	9. Sportfuncties 10. Winkelfuncties En dus niet op: • Lichte industriefuncties • Overige gebruiksfuncties • Bouwwerken, geen gebouwen zijnde.

Moet het glas altijd worden toegepast?

Als een explosievoorschriftgebied is aangewezen, en glas in de buitengevel noodzakelijk is, moet scherfvrij glas worden toegepast. Als een gebouw, bijvoorbeeld door afscherming, niet blootgesteld kan worden aan een fatale drukgolf of dat vrijkomende glasscherven redelijkerwijs geen personen kunnen verwonden (een raam in een kelderbox), kan het plaatsen van scherfvrij glas achterwege blijven[1]. Praktijkervaring leert dat het beoordelen van de mate van afscherming tegen een drukgolf, bijvoorbeeld in een situatie waarin een kleiner gebouw in de 'schaduw' van een groter gebouw ligt, specifieke expertise vraagt.

Het Besluit bouwwerken leefomgeving is uitputtend

De eisen in het Bbl zijn uitputtend. Dat wil zeggen dat een gemeente niet bevoegd is om ten aanzien van explosies verdere eisen aan een constructie te stellen. Hoewel het logisch is dat een kozijn met scherfvrij glas extra stevig in de muur wordt verankerd (anders komt mogelijk bij een explosie het hele kozijn naar binnen) of dat de betreffende gevel de belasting kan weerstaan, kan een gemeente dit niet eisen. Uiteraard kan een initiatiefnemer onder het motto 'wat moet en wat is verstandig?' zelf wel besluiten tot een extra sterke verankering van het kozijn.

Waar in de geluidwetgeving bepaald is dat de ramen in een 'dove' gevel zodanig uitgevoerd moeten zijn dat deze niet geopend kunnen worden, geldt een dergelijke verplichting niet bij de toepassing van scherfvrij glas.

[1] Formeel kan dit alleen indien de locatie geen deel uitmaakt van een voorschriftengebied of gelijkwaardigheid is aangetoond.

Citeren uit deze rapportage toegestaan onder bronvermelding.

3 Keuzes: Wie moet wat doen?

De komst van de Omgevingswet en het daaraan gekoppelde omgevingsveiligheidsbeleid maakt dat een gemeente keuzes moet maken in het Omgevingsplan. Als die keuzes eenmaal gemaakt zijn, en in het Omgevingsplan zijn explosievoorschriftgebieden opgenomen, start de volgende fase. Dan moet de initiatiefnemer van een nieuwbouwplan keuzes maken hoe scherfvrij glas geïmplementeerd wordt. In dit hoofdstuk worden essentiële keuzes benoemd. In deel 2 van deze informatie wordt daarbij een inhoudelijke toelichting gegeven.

3.1 Acties en keuzes voor een gemeente.

Rondom de in bijlage VII van het Besluit kwaliteit leefomgeving beschreven risicobronnen gelden bij het van kracht worden van de Omgevingswet aandachtsgebieden. Voor de toepassing van scherfvrij glas zijn hierbij de explosieaandachtsgebieden relevant. De gemeente moet hierbij:

- Bepalen of binnen een explosieaandachtsgebied een voorschriftengebied gaat gelden. Indien er binnen het explosieaandachtsgebied zeer kwetsbare objecten zijn toegelaten, heeft de gemeente geen keuze. Dan is er bij wet altijd een voorschriftengebied van toepassing.
- De keuze maken of er een voorschriftengebied moet worden vastgesteld waarbij bij nieuwbouw scherfvrij glas toegepast moet worden (dit is van toepassing in situaties dat er bij wet geen voorschriftengebied is aangewezen). De gemeente kan hierbij zelf de criteria bepalen, maar moet uiteraard de criteria en de uitwerking van die criteria motiveren. Bij de besluitvorming kunnen bijvoorbeeld de volgende vragen gesteld worden:
    - Is bouwen in het aandachtsgebied verstandig, zijn er (ruimtelijke) alternatieven?
    - Zijn er locatiespecifieke kenmerken in een gebied waardoor het plaatsen van scherfvrij glas niet nodig is? Dit kan het geval zijn als een gebied effectief wordt afgeschermd tegen de effecten van een drukgolf.
    - Geeft de plaatsing van scherfvrij glas daadwerkelijk een aanvullende bescherming of zijn andere schakels in de beschermingsketen wellicht zwakker? Op zeer korte afstand bij een risicobron kan bijvoorbeeld de constructie van het gebouw zelf al de zwakste schakel zijn zodat het plaatsen van scherfvrij glas geen aanvullende bescherming biedt.
    - Is de kans op een incident zodanig, dat de inspanning en kosten voor het plaatsen van scherfvrij glas gerechtvaardigd zijn?

Als de gemeente een voorschriftengebied heeft aangewezen, moet vervolgens worden vastgesteld:

- Welke normen worden aangehouden?
- Of er een ontwerpafstand moet worden vastgesteld (relevant bij (spoor)wegen)

Deel 2 geeft handvatten voor het uitwerken van deze punten.

Ook aan de interne organisatie bij de gemeente worden eisen gesteld. Is het aanwijzen van voorschriftgebieden in het Omgevingsplan vooral een taak voor de beheerders van het Omgevingsplan, voor het beantwoorden van de vragen is integratie van kennis nodig. En als eenmaal is vastgesteld dat scherfvrij glas moet worden toegepast, dan zullen plantoetsers kennis moeten hebben om te beoordelen of in een bouwplan het juiste glas wordt toegepast.

Het is raadzaam dat de gemeente zich bij de besluitvorming breed laat adviseren, onder andere door de Veiligheidsregio.

 Citeren uit deze rapportage toegestaan onder bronvermelding.

3.2 Acties en keuzes voor de planontwikkelaar / aannemer

De planontwikkelaar / aannemer die in een explosievoorschriftengebied nieuwbouw gaat realiseren, moet voldoen aan de eis om scherfvrij glas te plaatsen. Acties hierbij zijn:

- Bepalen of er glas toegepast wordt (dit zal meestal zo zijn).
- Bij de gemeente nagaan welke normen aangehouden worden en of er een ontwerpafstand van toepassing is (zie hiervoor deel 2).
- Bepalen welke ruimten beschermd moeten worden.
- Bepalen aan welke drukbelasting een raam blootgesteld kan worden (zie paragraaf 5.2).
- Met de glasindustrie afstemmen welke glassamenstelling nodig is om te voldoen aan de normen en welke uitvoering van het kozijn het best past bij dat type glas (zie paragraaf 6.2).
- Met de gemeente afstemmen of de gekozen uitwerking voldoet aan de gemeentelijke eisen.

Ook voor de bouwwereld is het moeten toepassen van scherfvrij glas veelal een nieuwe ontwikkeling en vraagt implementatie van nieuwe kennis. Ervaring met bouwen op sterk windbelaste locaties of ervaring met het toepassen van inbraak- of doorvalveilig glas is nuttig, maar de drukbelasting die door een explosie wordt afgegeven is van een zodanig andere orde, dat er specifieke normen gehanteerd moeten worden.

Toepassing van gelijkwaardige maatregelen

Binnen een voorschriftengebied kan maatwerk worden toegepast door gebruik te maken van gelijkwaardige maatregelen. Toepassen van gelijkwaardigheid kan ook bij locaties binnen een aandachtsgebied waar een zeer kwetsbaar gebouw is toegelaten.

Op grond van artikel 4.7, eerste lid, van de Omgevingswet kan in plaats van een in een algemene regel voorgeschreven maatregel (zoals een technische bouweis in het Bbl) op aanvraag van een initiatiefnemer toestemming worden verleend om een gelijkwaardige maatregel te treffen. Met de gelijkwaardige maatregel moet ten minste hetzelfde resultaat worden bereikt als met de voorgeschreven maatregel is beoogd. Het beoogde resultaat van maatregelen op het gebied van omgevingsveiligheid is om mensen in gebouwen te beschermen tegen de effecten van een van buiten komende brand of explosie. Een dergelijke gelijkwaardige maatregel kan zowel een bronmaatregel, een omgevingsmaatregel of een bouwmaatregel zijn.

3.3 Ten slotte

Deze informatiebundel over de toepassing van scherfvrij glas in relatie tot omgevingsveiligheid betreft in een belangrijke mate bestaande kennis, die veelal vanuit een nieuwe scope – de omgevingsveiligheid – benaderd is. De auteurs hebben vanuit hun achtergrond kennis gedeeld en op onderdelen heeft verdiepend onderzoek plaatsgevonden. Hierbij zijn diverse leemtes in (inter)nationale kennis gesignaleerd waarna nader onderzoek gewenst is. De auteurs houden zich aanbevolen voor de praktijkervaringen van anderen bij het toepassen van scherfvrij glas.

Citeren uit deze rapportage toegestaan onder bronvermelding.

4 Deel 2: Toepassing van scherfvrij glas

Glas wordt als bouwmateriaal voor vele doeleinden toegepast. Alleen al voor veiligheidstoepassingen bestaan er vele soorten glas zoals inbraakveilig glas, doorvalveilig glas, brandveilig glas, druppelveilig glas, thermisch isolerend glas, geluidisolerend glas enz. enz. In tabel 4.1 worden basisvoorbeelden van glas gegeven. Bij scherfvrij glas worden veelal gebruik gemaakt van een combinatie van gehard glas met tussenliggende folie lagen.

Tabel 4.1. Verschillende soorten glas.

Type Glas	Eigenschappen
Floatglas	Dit type glas kenmerkt zich doordat het glas in geval van een breuk in grote scherpe stukken glas uiteen valt.
Draadglas	Dit type glas kenmerkt zich door een inwendig net van metaaldraden. In het verleden werden aan draadglas vele veiligheidskwaliteiten toegedicht, ook in geval van explosie. Dit type glas heeft echter een relatief lage sterkte in vergelijking met thermisch gehard glas en heeft daarbij de neiging om op te breken in vlijmscherpe fragmenten. Draadglas moet worden vermeden tenzij voorgeschreven door andere voorschriften. .
Glas met opgelijmde folie	Bij dit type glas wordt zelfklevende folie op het glas aangebracht. Deze toepassing wordt vaak op bestaande ruiten toegepast en dient er voor te zorgen dat het glas niet in losse fragmenten opbreekt bij een breuk. Dergelijke folies bieden onvoldoende bescherming bij explosies.
Thermisch gehard glas	Dit type glas versplintert bij een schok in kleine, onscherpe stukjes, en biedt bescherming zoals bedoeld in EN 12150. Bij een explosie kunnen deze onscherpe stukje alsnog verwondingen aanrichten of dodelijk zijn.
Chemisch gehard glas	Ook dit glas versplintert bij een schok in kleine onscherpe stukken. De fysieke eigenschappen verschillen van thermisch gehard glas, en dit glas kan door de combinatie met andere glassoorten wel een onderdeel zijn van gelaagd glas.
Gelaagd glas	Gelaagd glas bestaat uit twee of meer lagen glas welke verbonden zijn met behulp van een tussenliggende folie. Mocht het glas breken dan zorgt de folie er voor dat de stukjes glas bijeen blijven. Er zijn verschillende samenstellingen van (aantal) glaslagen en aantal folies mogelijk.

De bovenstaande tabel geeft slechts enkele voorbeelden van typen glas. Er bestaan meer soorten glas met uiteenlopende eigenschappen.

De term ‘veiligheidsglas’ richt zich niet specifiek op explosies en wordt vooral gebruikt tegen bijvoorbeeld vuurwapens, inbraak of vandalisme.

In deze informatiebundel wordt ingegaan op scherfvrij glas. Scherfvrij glas betreft altijd een samenstelling van meerdere soorten glas en folies.

Afbeelding 4.1. Toepassing van gehard gelaagd glas. Het glas is gebroken, maar wordt door de interne folie op zijn plaats gehouden.

Foto: Ronald van Miltenburg.

Citeren uit deze rapportage toegestaan onder bronvermelding.

4.1 Gecombineerde glastoepassingen

Bij bouwprojecten gaat het vrijwel altijd om toepassingen waarbij eisen gecombineerd worden, zoals eisen voor lichtdoorlatendheid in combinatie met thermische isolatie, geluidisolatie en soms ook inbraakveiligheid, doorvalveiligheid, brandveiligheid enz.

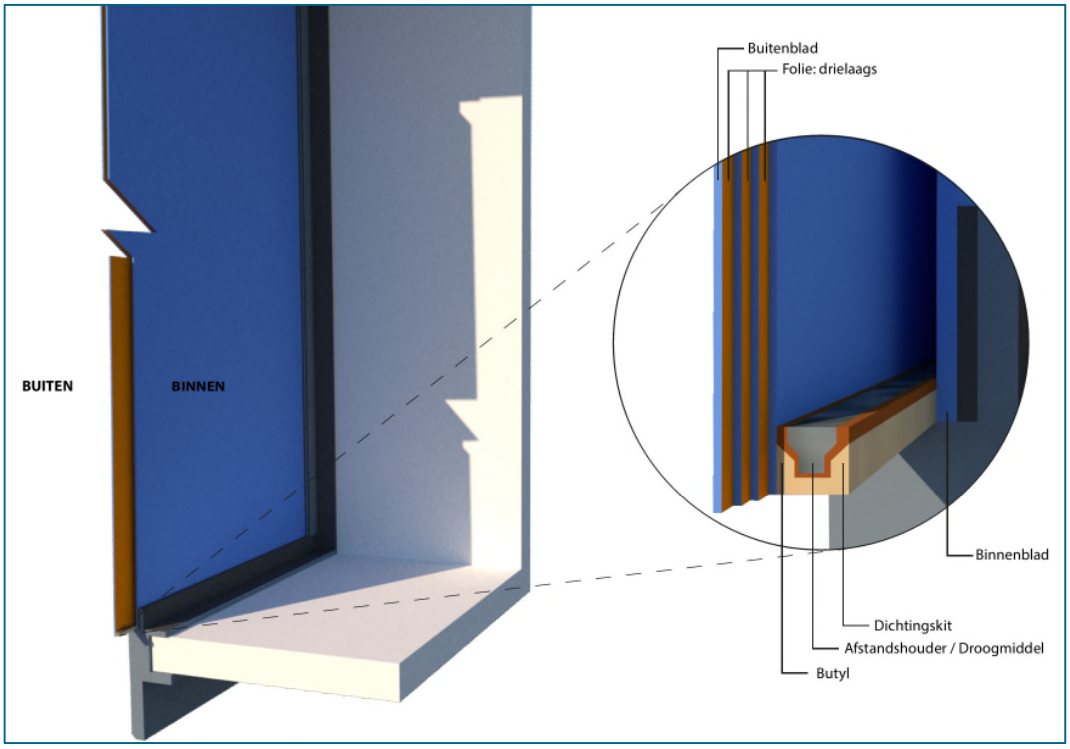
Voorbeeld van gecombineerde eisen:
- Isolerend drievoudig glas met een U-waarde van (xx W/m²K)
- Geluidsisolerend, minimale Rw (C,C_{tr}) van xx(-x;-x)
- Minimale lichttransmissie xx%
- Letselveilig conform NEN 3569:2018
- Doorvalveilig conform EN 1991-1-1 en NEN 2608:2014

De bescherming tegen scherfwerking wordt in deze rapportage uitgewerkt

De glasproducent berekent vervolgens hoe deze eisen het best kunnen samengaan waarna verschillende soorten glas, al dan niet met tussenliggende folies en spouwen worden samengesteld tot één ruit. Eenmaal geplaatst, is bij die ruit de samenstelling uit verschillende materialen niet meer zichtbaar.

4.2 Het gebruik van folies als glasbindende factor

Door het combineren van dunne glaslagen (met soms verschillende hardingen) en tussenliggende folies (zie figuur 3.2), kunnen specifieke toepassingen geboden worden.



Figuur 4.2. Folies geïntegreerd tussen glaslagen. (bij dit voorbeeld betreft het 3 lagen, in het buitenblad. Andere toepassingen zijn mogelijk).

Citeren uit deze rapportage toegestaan onder bronvermelding.

Zo worden glazen deuren gemaakt waar personen niet doorheen kunnen vallen, autoruiten die niet breken en beglazing die bescherming biedt tegen inbraak, en glas dat geen scherven geeft bij explosies. Mocht een ruit breken, dan garandeert de hechting tussen het glas en de folie(s) dat de scherven op zijn plaats blijven. Voor al deze toepassingen is relevant dat deze ontworpen zijn op een gegeven belasting en dat deze bescherming in stand blijft tot die gegeven belasting is overschreden.

Bij het samenstellen van glas voor deze veiligheidsdoeleinden hebben folies een belangrijk rol. Het betreft hier folies die tussen de glaslagen 'verlijmd' worden. De meest gebruikte folie is een PVB (polyvinylbuteyral) folie. Nadat een folie verlijmd is, is dit van buitenaf niet te zien.

Toepassing van externe glasfolies
Een folie kan ook als één laag buiten op het raam worden aangebracht. De folie werkt alleen als deze op het gehele raam, tot in de sponning, wordt aangebracht. Deze toepassing kent beperkingen ten opzichte van glas dat samengesteld wordt met tussenliggende folielagen. Een nadien aangebrachte externe folie kan de (genormeerde) eigenschappen van het glas, zoals lichttoetreding, verminderen. Daarnaast is het folie gevoelig voor externe beschadigingen en kan de beschermende functie verloren gaan indien zich een calamiteit voordoet waarbij de ruit eerst door warmte wordt belast. Indien een extern folie wordt toegepast, moet het gehele raam voldoen aan de norm zoals omschreven in hoofdstuk 4.

Toepassing van interne glasfolies
Bij scherfvrij glas wordt gebruik gemaakt van interne folies en lagen (gehard) glas. Het bepalen van de opbouw van de ruit vraagt een deskundig ontwerp, gebaseerd op explosienormen (zie ook paragraaf 4.3). Belangrijk is dat niet iedere ruit met interne folies als scherfvrij glas beschouwd kan worden. Inbraakwerend glas bevat bijvoorbeeld ook interne folies. De inbraakwerendheid wordt getest door, conform de norm NEN-EN 356 een kogel op een horizontaal geplaatst proefstuk van 1100 bij 900 mm te laten vallen. Als het glas na meerdere kogelinslagen in stand blijft, wordt voldaan aan de norm voor inbraakwerendheid. Bij de norm P2A, bedraagt de valhoogte 2 meter. In de praktijk is dit glas ook geadviseerd als scherfvrij glas ter bescherming tegen explosies. De kogeltest is echter maar beperkt representatief voor een explosie en een ruit die voldoet aan de norm P2A biedt pas bescherming tegen explosie op grote afstand. Het is daarom belangrijk dat het glas voldoet aan de juiste norm.

4.3 Het betreden van gebouwen bij extreme calamiteiten

Scherfvrij glas is sterker dan bijvoorbeeld standaard HR++ beglazing of enkel glas. Door deze extra sterkte beschermt scherfvrij glas bij explosies. Als hulpdiensten bij een calamiteit een toegang tot een gebouw willen forceren, dan kan deze sterkte een belemmering vormen. Het glas gaat immers niet snel stuk. Relevant is dat een brandweer bij een binnenaanval zelden een glasbreuk zal forceren. Standaard wordt het frame van een deur geforceerd, en wordt het breken van glas - ook vanwege het voorkomen van verwondingen bij hulpdiensten - zoveel mogelijk voorkomen.

Citeren uit deze rapportage toegestaan onder bronvermelding.

4.4 De meerkosten van het toepassen van scherfvrij glas

Meerkosten scherfvrij glas

De verplichting tot het toepassen van scherfvrij glas betekent dat het glas een extra kwaliteit moet krijgen. De extra kosten van scherfvrij glas hangen sterk samen met de eisen die voor het glas op een bepaalde locatie al van toepassing waren[2].

Er valt voor de toepassing van scherfvrij glas geen algemeen opslagpercentage per m² te geven. Er bestaat geen scherfvrij glas dat algemeen toepasbaar is. Per locatie moet maatwerk worden verricht om te bepalen welke glastoepassing 'scherfvrij' is. Wel valt op basis van projectervaring de volgende conclusie te trekken:

- Indien er bij een nieuwbouwproject al een zwaardere geluidisolatie moet worden toegepast, dan zijn de meerkosten van scherfvrij glas vaak beperkt.
- Indien er bij een nieuwbouwproject standaard HR++ glas wordt geplaatst, en er is sprake van grote ramen, dan is de toepassing van scherfvrij glas duidelijk kostprijsverhogend.
- Toepassing van scherfvrij glas bij een enkel gebouw of een enkele woning is vanwege het (onderzoek ten behoeve van het) maatwerk sterk kostenverhogend.

Indicatief kan daarom gesteld worden dat bij een nieuwbouwproject langs het spoor – waar toch al een verregaande geluidisolatie vereist is – de meerkosten relatief beperkt zullen zijn. Nabij een LPG-tankstation in een geluidluwe buurt, kunnen de meerkosten meer relevant zijn.

Meerkosten kozijn

Toepassing van een scherfvrij glas vereist kozijnen die bij een drukgolf de vervormingsreactie en –krachten van het glas kunnen opvangen en voorkomen dat het glas of het kozijn in zijn geheel uit de gevel klapt. De eis in het Bbl ten aanzien van de voorkoming van scherfwerking werkt daarom direct door op de kozijnkeuze. Een belangrijke voorwaarde is de sponningsdiepte van het kozijn.

Een probleem is dat er wel normen bestaan voor scherfvrij glas maar dergelijke normen niet bestaan voor de toepassing van kozijnen (zie paragraaf 4.3 en 5.2). Zolang deze normering ontbreekt zal de onderzoeker die de **samenstelling v**an het glas bepaald heeft, het best kunnen aangeven hoe het kozijn moet worden uitgevoerd om de specifieke kwaliteiten van het glas te ondersteunen. Het gaat hierbij niet alleen om de sterkte en verankering van het kozijn, maar ook de sponningdiepte en de eventueel toegepaste verlijming.
Omdat er specifieke normering ontbreekt, is geen uitspraak mogelijk over meerkosten.

Relevant is dat kozijnen voor scherfvrij glas een zwaarder uiterlijk hebben, en als zodanig kunnen doorwerken in het architectonische uiterlijk van een gebouw.

---

2 De kosten voor glas worden door vele factoren bepaald. Bij een klein project liggen de kosten hoger dan bij een bulkproject. Ook maakt het uit of het glas op de begane grond wordt geplaatst of bij hoogbouw enz..

Citeren uit deze rapportage toegestaan onder bronvermelding.

5 Ontwerpeisen en normen

De basis voor het toepassen van maatregelen tegen scherfwerking van glas als bouwmateriaal wordt gegeven in artikel 4.96 van het Besluit bouwwerken leefomgeving.

Artikel 4.96 Bbl geeft aan:
"In een explosievoorschriftengebied gelegen beglazing is zodanig dat bij een explosie letsel door scherfwerking wordt voorkomen".

De toelichting van artikel 4.96 Bbl geeft aan:
Dit artikel **vermindert** bij een explosie **het risico** op rondvliegende glasscherven van in een explosievoorschriftengebied gelegen beglazing. Bij het bepalen van de weerstand tegen scherfwerking zal moeten worden uitgegaan van de van een in artikel 5.12 tweede lid Bkl bedoelde overdruk van ten minste 10 kPa.

Dit artikel leidt tot een aantal toepassingsvragen:
1. Welke keuzes gelden er bij de afstandsbepaling tussen de explosiebron en het te beschermen object?
2. Welke rekenmethode moet gehanteerd worden voor het bepalen van de ontwerpbelasting?
3. Welke normen zijn relevant bij 'scherfvrij' glas?
4. Hoe moet worden omgegaan met omgevingsreflecties van de drukgolf?
5. Op welke afstand of bij welke druk zijn geen glasmaatregelen meer nodig?
6. Wat is het effect bij inpandige explosies?
7. Welke informatie moet een certificaat bevatten?

5.1 Keuzes bij de afstandsbepaling tussen de explosiebron en het object

Om scherfvrij glas te kunnen ontwerpen (samenstellen) moet bekend zijn wat de luchtdruk is ten gevolge van de explosie waaraan het glas blootgesteld wordt. Scherfvrij glas wordt altijd op een bepaalde explosiebelasting gedimensioneerd. Deze explosiebelasting kenmerkt zich door een tijdelijk luchtdrukverschil tussen voor- en achterzijde van de ruit.

Het is belangrijk om keuzes te maken bij de te hanteren afstand:
- Wat te doen als het gebouw zelf niet bestand is tegen de optredende druk?
- Puntbronnen (bijv. LPG-tankstations) of lijnbronnen (bijv. een weg) hetzelfde benaderen?

Tegen welke druk is het gebouw bestand?

Vanuit het Besluit bouwwerken leefomgeving worden enkel eisen gesteld aan scherfvrij glas. Er worden geen eisen gesteld aan de explosiebestendigheid van een gebouw. In de praktijk wordt de belasting uit drukgolven van 46 kPa[3] als *praktische bovengrens* gezien om een standaard 'Bouwbesluit' gebouw nog met extra constructieve versterkingen te kunnen beveiligen. Veel soorten bouwwerken kunnen echter al bij een lagere drukbelasting bezwijken. Indien scherfvrij glas op een grote drukbelasting is ontworpen, dan kán het zomaar zijn dat het gebouw zwakker is dan het te plaatsen scherfvrij glas.

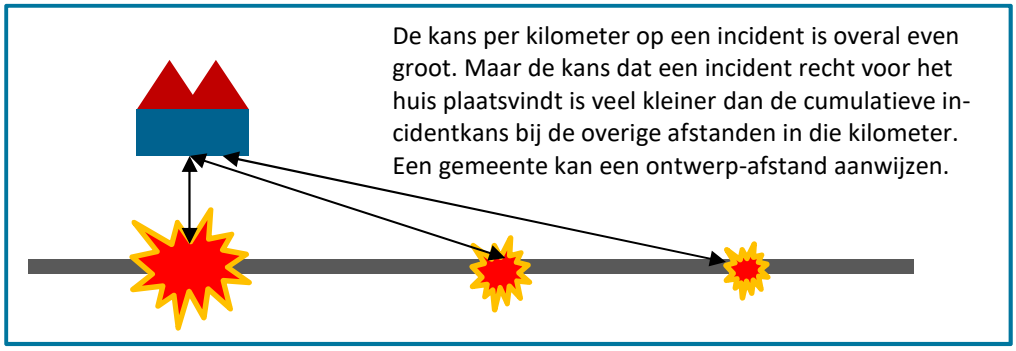
[3] Design of blast-resistant buildings in petrochemical facilities", 2nd edition, prepared by Task Committee on Blast-Resistant Design of the Petrochemical Committee of the Energy Division of the American Society of Civil Engineers. ISBN 978-0-7844-1088-2

Citeren uit deze rapportage toegestaan onder bronvermelding.

Het verschil tussen punt- en lijnbronnen

Bij puntbronnen (bijv. LPG-tankstations) is de plaats van de explosie te voorspellen vanwege de vaste plaats van de tank en de LPG-tankauto. Bij lijnbronnen, zoals een spoorlijn, kan de explosie over overal op het spoor plaatsvinden. De kans dat een explosie 'recht voor de deur' van een object plaatsvindt is tevens de kleinste kans. Gecumuleerd is de kans dat een incident 'verderop' plaatsvindt groter[4]. Een gemeente kan daarom binnen een voorschriftengebied de keuze maken om een minimale 'ontwerpafstand' vast te stellen. Nadere informatie is opgenomen in bijlage 2.

Figuur 5.1: Uitgaan van de kortste afstand of van een vastgestelde ontwerpafstand?



5.2 Berekening van de drukbelasting van het glas

De drukbelasting van het glas wordt bepaald door:

1. Berekening van de invallende luchtdruk op het belaste object
2. De druk verhogende reflectie op de gevel die direct gericht is op de explosiebron

1. Berekening van de invallende luchtdruk op het belaste object

Het Besluit bouwwerken leefomgeving geeft geen specifieke rekenmethode voor het berekenen van de invallende luchtdruk op de beglazing. Wel wordt een koppeling gelegd met het Besluit kwaliteit leefomgeving. In het Besluit kwaliteit leefomgeving[5] is voor complexe externe veiligheidsberekening bij wet de rekenprogramma's Safeti-NL of Phast voorgeschreven[6]. Voor de input van de rekenprogramma's zijn bij wet voor transportbronnen de Handleiding Risicoanalyse Transport (Hart) voorgeschreven en bij inrichtingen en aangewezen buisleidingen de Handleiding risicoberekeningen Bevi (Hrb). Het is van belang om bij deze wettelijk voorgeschreven rekenmethodes aan te sluiten en niet uit te gaan van andere methoden. De ervaring leert dat andere rekenmethoden dan de wettelijk aangewezen tot andere uitkomsten kunnen leiden en daarmee niet tot de juiste bescherming (en een verspilling van de kosten van de veiligheidsinvestering).

Voorbeeld: Uit een berekening conform de wettelijk voorgeschreven methode volgt dat bij het vervoer van gevaarlijke stoffen per spoor en een ontwerpafstand van 80 meter de overdruk 0,17 Bar. (= 17 kPa) bedraagt.

---

4 De kans is vastgesteld per kilometer (spoor)weg. Van die kilometer is er maar bij een paar meter waar de afstand tot het gebouw het kortst is. De kans dat een incident in die paar meters plaatsvindt is veel kleiner dan de kans op een incident in de overige meters van die kilometer.

5 Bij deze informatiebundel is uitgegaan van risicobronnen zoals aangeven in bijlage VII van het Besluit kwaliteit leefomgeving.

6 Phast wordt niet expliciet voorgeschreven, maar impliciet wel omdat Phast het rekenhart van Safeti-NL is.

Citeren uit deze rapportage toegestaan onder bronvermelding.

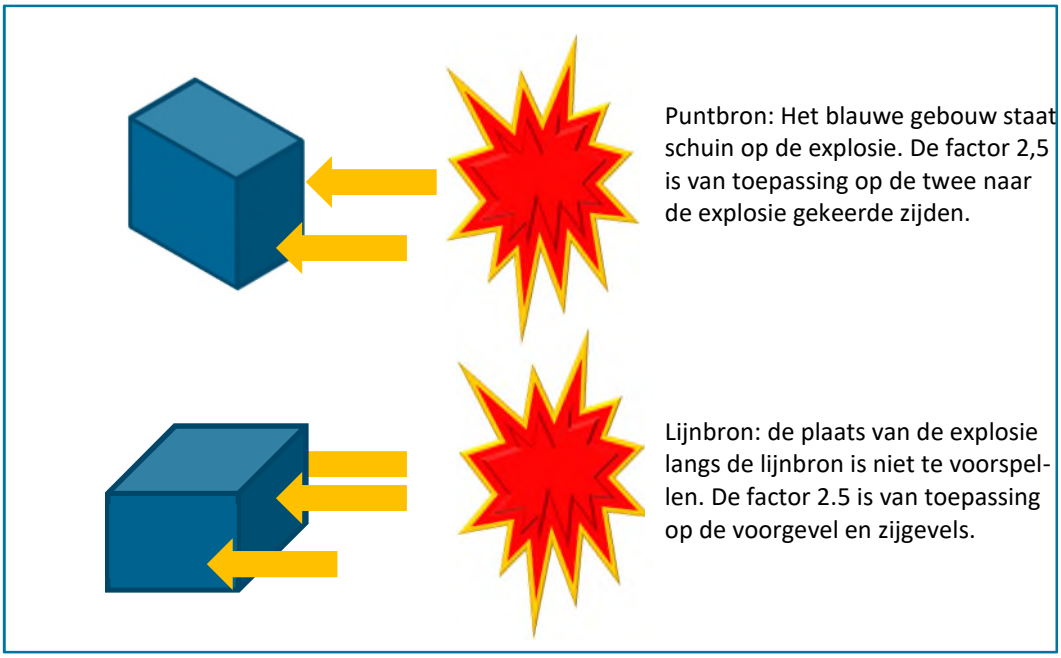
2. De reflectie op de gevel van het belaste object

De onder 1 genoemde bepaling van de invallende luchtdruk, geeft de luchtdruk ter hoogte van de belaste gevel. De berekening gaat er daarbij vanuit dat de drukgolf vrij kan doorstromen alsof die gevel er niet staat. In werkelijkheid botst de drukgolf op de gevel, waarna de drukgolf zich voor die gevel 'opstapelt' (reflecteert) (zie ook afbeelding in bijlage 6).

De verhouding van de gereflecteerde en invallende overdruk wordt de reflectiecoëfficiënt (rc) genoemd[7]. Het wordt aanbevolen een reflectiecoëfficiënt[8] van 2,5 aan te houden voor gevels welke gericht zijn op de explosiebron. Voor de gevels die geen 'zicht' hebben op de explosiebron wordt geen reflectiecoëfficiënt toegepast.

Voorbeeld: Uitgaande van de in het voorgaande tekstblok genoemde overdruk van 17 kPa, bedraagt de overdruk op de gevel dus 2,5 * 17 kPa = 42,5 kPa.

Figuur 5.2. Op welke gevels is de reflectiecoëfficiënt van toepassing?



En de warmte die vrijkomt bij een explosie?

Het Bbl gaat alleen in op de drukgolf van een explosie en niet over de eventueel vrijkomende warmtestraling bij een explosie. Die straling kan weliswaar zeer intens zijn, maar is slechts gedurende een zeer korte tijd aanwezig. Dit in tegenstelling tot de warmte van een plasbrand die langduriger aanwezig kan zijn. Het glas zal door de stralingsimpuls van de explosie plotseling sterk in temperatuur kunnen toenemen waarna het glas als reactie kan barsten. Doordat er in scherfvrij glas folies zitten, zullen deze folies het glas – net zoals bij de drukgolf - bijeen houden.

7 PGS 1:2005 deel 2B: Effecten van explosie op constructies,

8 De waarde van deze coëfficiënt is met name afhankelijk van de overdruk en de invalshoek van het golffront op het reflecterende vlak (0° bij loodrechte reflectie tot 90° in het geval van een langsstromende golf) en kan berekend worden aan de hand van de formules uit de PGS1. De waarde van de reflectiecoëfficiënt kan zo hoog worden als een factor 8, maar is in de praktijksituaties relevant voor de Omgevingswet niet hoger dan 2,5.

Citeren uit deze rapportage toegestaan onder bronvermelding.

5.3 Welke normen zijn relevant bij scherfvrij glas?

Om scherfvrij glas te krijgen, worden verschillende soorten glas met folies gecombineerd. Hierbij is een drietal normen relevant:

- De NEN-EN 13541 "Veiligheidsglas – Beproeving en klasse-indeling van weerstand tegen explosiedruk" voor de bepaling van de weerstand tegen de drukgolven.
- De NEN-EN 13123-1 / NEN-EN 13124-1 "Ramen, deuren en luiken – Bestandheid tegen explosies – Eisen en classificatie"
- De ASTM[9]. F1642 & ISO 16934 "Standard Test Method for Glazing and Glazing Systems Subject to Airblast Loadings" voor de specifieke eisen aan de scherfwerking.

In dit informatiedocument wordt aangesloten bij deze normen, nadere informatie is opgenomen in bijlage 1.

Opgemerkt wordt dat deze normen niet expliciet in het Besluit bouwwerken leefomgeving worden genoemd, maar het is gangbaar om aan te sluiten bij de algemeen erkende en thema gerichte normen zoals NEN en ASTM.

Specificeren van glaseisen

Om een eenduidige toepassing van artikel 4.96 Bbl te krijgen moet dus in het gemeentelijke beleid of bij een bouwproject de norm gespecificeerd worden. Deze normen moeten worden toegevoegd aan het eisenpakket waaraan het glas als totaal aan moet voldoen.

Voorbeeld van gecombineerde eisen met scherfvrij glas:

- Isolerend drievoudig glas met een U-waarde van xx W/m²K
- Geluidsisolerend, minimale Rw (C,C_{tr}) van xx(-x;-x)
- Minimale lichttransmissie xx%
- Letselveilig conform NEN 3569:2018
- Doorvalveilig conform EN-1991-1-1 en NEN 2608:2014
- **Scherfveiligheid conform NEN-EN 13541, (vaak is klasse ER1 afdoende), danwel NEN-EN 13123/13124, met opgave explosiebelasting danwel ASTM F 1642 (vaak is klasse ER30 of ER50 afdoende) scherfklasse 1 of 2.**

Hoe te controleren of het juiste type glas is toegepast?

Als de beglazing eenmaal is samengesteld uit allerlei soorten glas en folie, is veelal niet meer te zien welke kwaliteiten het glas heeft en voor welke situaties (druk) het ontworpen is. In de zijkant van de spouw van het glas zijn meestal de hoofdkenmerken van het glas met afkortingen afgedrukt, maar dit geeft slechts ten dele informatie. Daarom is het belangrijk dat bij het leveren van de beglazing altijd een certificaat (zie paragraaf 4.8) is bijgevoegd waaruit die kwaliteiten blijken. Een toezichthouder of plantoetser kan (moet) dit certificaat opvragen en beoordelen.

5.4 Omgang met omgevingsreflecties

Gebouwen in de omgeving kunnen drukgolven reflecteren[10]. Vooral bij gebouwen met inwendige hoeken (hoek tussen gevels kleiner dan 180°) of gebouwen die dicht op elkaar staan zullen reflecterende drukgolven elkaar versterken. De drukopbouw en mate van omgevingsreflectie is echter

9 ASTM is een internationaal publicatieplatform voor normen en richtlijnen.

10 Dit een andere reflectie dan de onder paragraaf 4.2 genoemde reflectie, waarbij de drukgolf zich opstapelt tegen de gevel van het belaste gebouw.

Citeren uit deze rapportage toegestaan onder bronvermelding.

sterk afhankelijk van de afstand en oriëntatie van een object tot de explosie en de positie van reflecterende oppervlakken. Dit maakt dat omgevingsreflecties, zeker bij explosies op (spoor)wegen, redelijkerwijs niet te voorspellen zijn.

Het bevoegd gezag moet bepalen of deze reflecties bij de beoordeling worden betrokken.

5.5 De afstand waarop geen glasmaatregelen meer nodig zijn

De afstand waarop geen glasmaatregelen meer nodig zijn hangt af van de bescherming die het beoogde glas biedt, het glasoppervlak en de functie van de ruimte die zich achter het glas bevindt (bijv. een kelderbox) of de mate van afscherming van het gebouw door een voorliggend gebouw. Hiervoor zijn geen uitgangspunten te geven. In hoeverre glasmaatregelen nodig zijn zal daarom per locatie en ontwerp bepaald moeten worden, waarbij de initiatiefnemer moet aantonen dat:

- De redelijkerwijs aan te houden overdruk minder bedraagt dan 10 kPa.
- Het glas bij een incident geen scherfwerking in de achterliggende ruimte veroorzaakt
- De achterliggende ruimte geen bescherming behoeft tegen scherfwerking omdat personen er slechts incidenteel verblijven (en er geen sprake is van een vluchtroute).

5.6 Kans op inpandige explosies?

Indien binnen een woning/gebouw aardgas voor het bereiden van etenswaren beschikbaar is, is statistisch gezien de kans op een inpandige explosie nadrukkelijk groter dan de kans op een explosie bij een passerende trein met gevaarlijke stoffen. Toepassing van scherfvrij glas kan bij een inpandige explosie een grotere drukopbouw veroorzaken, waardoor het ontwrichtende effect op de constructie van een gebouw toeneemt. Nieuwbouwprojecten worden steeds meer ‘aardgasvrij’ uitgevoerd, zodat de kans op inpandige explosies afneemt. Geadviseerd wordt om bij de toepassing van scherfvrij glas te bezien wat de kans op interne explosies is.

5.7 De informatie die een certificaat moet bevatten

Zoals in paragraaf 4.3 is aangegeven, is het bij eenmaal geplaatst glaswerk vrijwel onmogelijk om de specifieke eigenschappen van het glas te achterhalen.

Daarom is het belangrijk dat bij het leveren het geleverde glas altijd van een certificaat vergezeld (zie paragraaf 4.8) waaruit die kwaliteiten blijken. Een toezichthouder of plantoetser kan (moet) dit certificaat opvragen en beoordelen.

De informatie die een certificaat ten minste moet bevatten is:

- De locatie waarop het certificaat van toepassing is
- De uitgangspunten die gehanteerd zijn bij het samenstellen van het glas (oa. luchtdruk en scherfklasse, de norm en het testrapport).
- De datum waarop het certificaat is afgegeven.

AGC Internal Use Only.

AGC

AGC Glass Europe
Avenue Jean Monnet, 4
1348 Louvain-La-Neuve
Belgium

Classification of AGC Security Glass according to Numerical Simulation

Product description

Product range: **Thermobel Stratobel Security Explosion**
Product code: **7206-3-EX**

Thickness (mm): 36
Weight (kg/m²): 87

Numerical evaluation

Type:	**Blast** Loading
Method	Single-Degree-of-Freedom
Dimensions	429x2500 mm
Bite	12.7 mm
Explosive charge	**Pr = 15 kPa, t=20 ms, A=1 following Friedlander waveform**
Protection level	**ASTM F1642 – 1 No Break (see details in the appendix)**
Reference report	**20181211-MW**

The calculated performances are representative of glazing evaluated by software following the conditions, dimensions and requirements of the standard ASTM F1642 : 2004. This performance has been calculated with a validated software and is not the result of a physical explosion.

The glazing composition to use must also fulfill with the effective dimensions, setting system and loads on the glazing.

In case of asymmetric laminated glass, the glass must be correctly orientated. Refer to the indication label on the security glass.

Citeren uit deze rapportage toegestaan onder bronvermelding.

6 Bepalen van de glasopbouw en –plaatsing

Scherfvrij glas bestaat uit verschillende - veelal geharde – glassoorten met tussenliggende folielagen. Voor het toepassen van scherfvrij glas, zijn meerdere berekeningen nodig:

- Bepalen van de explosiebelasting en reflecties(zie paragraaf 4.2).
- Bepalen van de opbouw van glas- folielagen die samen bestand zijn tegen die drukbelasting.

6.1 Bepaling glasopbouw

De bepaling of scherfvrij glas het vereiste beschermingsniveau behaalt, wordt doorgaans experimenteel bepaald via (genormeerde) explosieproeven. De laatste jaren worden steeds geavanceerdere rekenmethoden ontwikkeld waarmee aangetoond kan worden dat een bepaald beschermingsniveau behaald is. Vooralsnog zijn deze testen alleen in staat om te bepalen of een scherfvrij glas een belasting onbeschadigd weerstaat. Bij lichte scherfwerking kan met deze methoden nog niet onderscheiden worden of deze gevaarlijk is of niet. De beschikbare rekenmethoden zijn nog niet gestandaardiseerd. De Europese Unie financiert het *"European Reference Network for Critical Infrastructure Protection project"* van het JRC die doorlopend onderzoek uitvoert naar onder andere de weerstand van constructies tegen explosie effecten.

In de simulatie door de glasleverancier dient beproefd te zijn:

- Het niet overschrijden van een kritieke doorbuiging in het centrum van de beglazing (inclusief vervolgeffecten bij bijvoorbeeld dubbel glas: aantikeffect buitenblad op binnenblad)
- Het niet overschrijden van een maximale afschuiving van de beglazingranden t.o.v. de beglazingbevestiging
- Plaatselijke faalmechanismen van puntbevestigingen (raam/kozijnankers)

De voor de leverancier benodigde informatie

Voor een goede glassamenstelling heeft de leverancier tenminste de volgende informatie nodig:

- de overdruk waarop ontworpen moet worden (dus de overdruk op de kortste afstand of een nader vastgestelde ontwerpdruk, al of niet vermenigvuldigd met de gevelreflectiefactor van 2,5).
- De locatie van het pand ten opzichte van de risicobron.
- De maatvoering van het glas

Een voorbeeld van een informatieformulier is opgenomen in bijlage 3.

De door de leverancier te leveren informatie

De glasleverancier moet bij zijn offerte een informatie leveren over:

- De geleverde input
- De toegepaste norm (zie paragraaf 4.3 en bijlage 1).
- Het beschermingsresultaat.

Bij het toepassen van scherfvrij glas moet de leverancier bij voorkeur ook technische specificaties opgeven voor correcte bevestiging in de gevel.

De kennis omtrent de toepassing van scherfvrij glas is in ontwikkeling. In de huidige praktijk wordt gebruik gemaakt van de PGS 1 (2005). In dit verband is relevant dat:

- In paragraaf 9.3 van de PGS 1wordt een voorbeeld gegeven voor een belasting van 5 kPa. Voor scherfvrij glas is dit voorbeeld niet relevant omdat dit lager is dan 10 kPa.
- In bijlage VI B van de PGS 1 worden rekenmethoden gegeven de deels achterhaald zijn en niet meer aansluiten bij de thans gangbare glascombinaties.

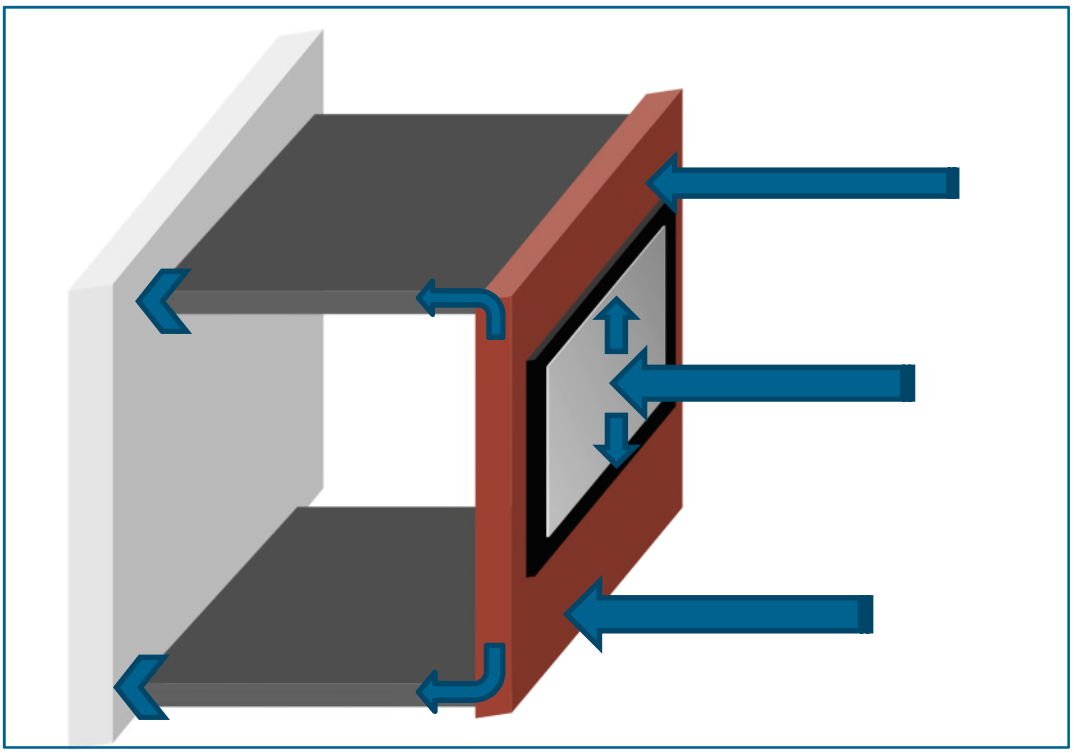
Citeren uit deze rapportage toegestaan onder bronvermelding.

6.2 De plaatsing van het glas in het kozijn

Bij een explosie ontstaat een drukgolf. Deze drukgolf veroorzaakt krachten:

1. die op de buitengevel komen.
2. die op het glas komen
3. die op het glaskomen en vervolgens worden overgebracht op het kozijn.
4. die op het kozijn komen, en vervolgens overgaan op de binnenmuur en buitengevel.
5. die via de voorgaande punten worden overgedragen op de hoofddraagconstructie

Figuur 6.2 Krachten op het raam en gevel overgedragen op de constructie



De wetgever heeft via het Besluit bouwwerken leefomgeving gekozen om uitsluitend de drukbelasting onder 2 te beschouwen: de scherfwerking van het glas. Echter, de bescherming tegen de scherfwerking wordt niet alleen bepaald door het glas, maar ook door de plaatsing van het glas in het kozijn. Om tot de in het Besluit bouwwerken leefomgeving voorgeschreven bescherming tegen scherfwerking te komen, moet daarom ook de verankering in het kozijn beschouwd worden.

Eisen aan kozijnen in relatie tot het plaatsen van scherfvrij glas

Ten behoeve van deze rapportage is door Antea Group en de glasindustrie onderzoek gedaan naar de normen die een zodanige plaatsing van het glas in de kozijn borgen, dat het glas zijn scherfvrije kwaliteiten behoudt. Geconstateerd is dat hier (ook internationaal) sprake is van een leemte in kennis en nader onderzoek nodig is.

Omdat de adviseur die voor een specifiek bouwproject de vereiste samenstelling van het scherfvrij glas heeft onderzocht het beste inzicht heeft in de randvoorwaarden waaraan het kozijn in die specifieke situatie moet voldoen, wordt geadviseerd om deze adviseur te betrekken bij de keuze voor het kozijnontwerp en de plaatsing hiervan in de gevel.

Citeren uit deze rapportage toegestaan onder bronvermelding.

Bijlagen

1. De normen
2. De ontwerpafstand bij punt en lijnbronnen
3. Benodigde informatie voor glasleverancier
4. Voorbeeld rekenresultaat glasleverancier
5. Literatuuroverzicht
6. De drukgolf en reflectie gevisualiseerd
7. Begeleidingscommissie

Citeren uit deze rapportage toegestaan onder bronvermelding.

Bijlage 1: De normen

Om scherfvrij glas te krijgen, worden verschillende soorten glas met folies gecombineerd. Hierbij is een drietal normen relevant:

- De NEN-EN 13541 "Veiligheidsglas – Beproeving en klasse-indeling van weerstand tegen explosiedruk" voor de bepaling van de weerstand tegen de drukgolven.
- De NEN-EN 13123-1 / NEN-EN 13124-1 "Ramen, deuren en luiken – Bestandheid tegen explosies – Eisen en classificatie"
- De ASTM[1]. F1642 "Standard Test Method for Glazing and Glazing Systems Subject to Airblast Loadings" voor de specifieke eisen aan de scherfwerking.

In dit informatiedocument wordt aangesloten bij deze normen.

De NEN-EN 13541

In de NEN-EN 13541 wordt een viertal explosiebelastingen onderscheiden welke het proefstuk van ongeveer 1 m^2 succesvol moet hebben weerstaan. Voor ramen met andere afmetingen van het glas dient de geschiktheid met , doorgaans complexe, berekening te worden aangetoond (zie hoofdstuk 6).

Klasse	Maximale gereflecteerde overdruk risico (kPa)	Specifiek positieve impuls i+ (kPa ms).	Duur van de periode van positieve overdruk+ (ms)
ER1	50	370	20
ER2	100	900	20
ER3	150	1500	20
ER4	200	2200	20

Naast de ER-klasse is er de toevoeging *Splintering* (S) of *No Splintering* (NS). In geval van *Splintering* (S) glas blijft bij een explosiebelasting de gehele ruit intact, maar kunnen breuken in glas opgetreden zijn en kleine splinters (*glass dust*) uit het achtervlak losgekomen zijn. In het algemeen kan worden gesteld dat NS-glas (aanzienlijk) duurder is dan scherfvrij glas.

Bij explosies in relatie tot omgevingsveiligheid zal vaak sprake zijn van klasse ER1. In situaties met grote glasoppervlakken kan het voorkomen dat hogere klasse toegepast moet worden om de vereiste veiligheid te bieden.

De NEN-EN 13123-1 / NEN-EN 13124-1

In de NEN-EN 13123-1 en NEN-EN 13124-1 wordt het hele raamsysteem van ruit inclusief het kozijn beproefd op ware grootte waarmee het directe resultaten oplevert zonder aanvullende berekening. In een succesvolle beproeving mag na de explosiebelasting geen opening in het glas resteren waar een stijve staaf van 10 millimeter (mm) in diameter doorheen past. Geen enkel deel van het frame of de pakkingen mag losraken. Zoals in de NEN-EN 13541 moet splinteren worden geïdentificeerd en geregistreerd als Splintering (S) of No Splintering (NS) (zie beschrijving bij NEN-EN 13541 hierboven).

[1] ASTM is een internationaal publicatieplatform voor normen en richtlijnen.

Citeren uit deze rapportage toegestaan onder bronvermelding.

De ASTM F1642 & ISO 16934

De ASTM F1642 en de ISO 16934 en hebben dezelfde onderstaande beschermingsklassen.

Klasse	Maximale gereflecteerde overdruk (kPa)	Specifiek positieve impuls i+ (kPa ms).	Duur van de periode van positieve overdruk+ (ms)
ER30	30	170	na
ER50	50	370	20
ER70	70	550	20
ER100	100	900	20
ER150	150	1500	20
ER200	200	2200	20

In de ASTM F 1642 en de ISO 16934 wordt een zestal scherfklassen onderscheiden.

	Kwalificatie	Omschrijving
1	Geen glasbreuk	Na test vertoont het glas geen breuken en er is geen zichtbare schade.
2	Geen scherfuit-worp risico	Na test vertoont het glas breuken maar het glas blijft geheel binnen het testframe. De onbelaste glaszijde vertoont geen breuken.
3	Minimaal risico op scherfuitworp	Na test vertoont het glas breuken. Een scherm op 3 meter afstand van het glas bevat maximaal 3 perforaties ten gevolge van scherven.
Klasse 4 t/m 6 zijn niet relevant vanuit het oogpunt van bescherming tegen scherfwerking.		

De ASTM F1642 en de ISO 16934 zijn een alternatief op de EN 13541. Er zijn twee beweegredenen om deze normen toe te staan als alternatief voor de EN 13541 en dat zijn de mogelijkheid om lichte scherfuitworp toe te staan (iets minder zwaar dan de Splintering (S) bij de EN13541) en de mogelijkheid om het glas te beproeven bij een belasting lager dan 0,5 bar.

Bij klasse 3 is relevant dat als een ruimte meerdere ruiten bevat, per afzonderlijke ruit een minimaal risico van toepassing is. Bij een explosie kan het totaal aantal scherven dus groter zijn dan de drie scherven van klasse 3.

Beredenerend vanuit artikel 4.96 Bbl, kan geconstateerd worden dat klasse 3 scherfwerking niet volledig uitsluit, maar de kans op (lethaal) letsel verlaagd. In ruimten waar tot 3 meter vrije ruimte achter de ruit geen personen verblijven biedt deze weerstandsklasse goede bescherming. Voor ramen met andere afmetingen van het glas dient kritieke belasting berekend te worden.

Ten gevolge van een drukgolf kan glas dat breekt zowel een scherfwerking naar binnen als naar buiten hebben. Het is daarom belangrijk dat zowel de binnen- als buitenzijde van de ruit is uitgevoerd conform de normen.

Citeren uit deze rapportage toegestaan onder bronvermelding.

Bijlage 2: De ontwerpafstand bij punt en lijnbronnen

Scherfvrij glas wordt altijd op een bepaalde explosiebelasting gedimensioneerd. Deze explosiebelasting kenmerkt zich door een tijdelijk luchtdrukverschil tussen voor- en achterzijde van de ruit.

Het is belangrijk om keuzes te maken bij de te hanteren afstand:

- Wat te doen als het gebouw zelf niet bestand is tegen de optredende druk?
- Puntbronnen (bijv. LPG-tankstations) of lijnbronnen (bijv. een weg) hetzelfde benaderen?

Tegen welke druk is een gebouw bestand?

Vanuit het Besluit bouwwerken leefomgeving worden enkel eisen gesteld aan scherfvrij glas. Er worden geen eisen gesteld aan de explosiebestendigheid van een gebouw. In de praktijk wordt de belasting uit drukgolven van 46 kPa[11] als *praktische bovengrens* gezien om een standaard 'Bouwbesluit' gebouw nog met extra constructieve versterkingen te kunnen beveiligen. Als derhalve uit berekening van de optredende druk (zie paragraaf 4.2) blijkt dat een gebouw voor meer dan 46 kPa belast kan worden, dan is het (zondermeer) eisen van deze ontwerpbelasting voor scherfvrij glas niet zinnig. Uit onderzoek blijkt echter dat sommige bouwwerken al bezwijken bij een druk van 5 of 10 kPa. Het is daarom belangrijk om de keuze voor toepassing van scherfvrij glas mede te stemmen op de sterkte van de constructie van het gebouw.

Het verschil tussen punt- en lijnbronnen

Puntbronnen (bijv. LPG-tankstations) zijn als risicobron goed aan een locatie te koppelen. Bij lijnbronnen kan de explosie over een langer traject plaatsvinden. De kans dat een explosie plaatsvindt bij de kortste afstand tussen het spoor en object is tevens de kleinste kans. Gecumuleerd is de kans dat een incident 'verderop' plaatsvindt groter. Een gemeente kan daarom binnen een voorschriftengebied een minimale 'ontwerpafstand' vaststellen.

Puntbronnen

Puntbronnen zijn vaste objecten en vaste plaatsen waar een explosie kan optreden. Het betreft bijvoorbeeld chemische installaties, LPG-tankstations of opslagen voor andere brandbare gassen. Bij punt bronnen is de plaats van de explosie voorspelbaar en is de afstand tussen de risicobron en het scherfvrij glas eenvoudig te bepalen door de kortste afstand te meten. Vervolgens kan bepaald worden wat de luchtdruk op die afstand zal zijn(zie paragraaf 4.2). Een gemeente kan hierbij een ondergrens afwegen. Bij een explosie (koude Bleve) van een maatgevende LPG-tankwagen bij een LPG-tankstation ligt de 46 kPa-contour (zie paragraaf 5.1) op circa 50-54 meter. Binnen deze afstand zijn aanzienlijke constructieve versterkingen nodig om een 'standaard Bouwbesluit' gebouw beter bestand te maken tegen de optredende overdruk. Zonder nadere beoordeling van een gebouw is het niet mogelijk om uitspraken te doen over de omvang van de schade die bij een explosie zal ontstaan. Wel staat vast dat bij de toepassing van goed scherfvrij glas, de ramen niet meer de zwakste schakel zullen zijn voor de bescherming van personen in het gebouw. Het beschermen van mensen in het gebouw door het scherfvrij maken van de beglazing alleen zal in die situatie weinig effectief zijn. Een gemeente kan daarom binnen een voorschriftengebied een minimale 'ontwerpafstand' vaststellen.

---

11 Design of blast-resistant buildings in petrochemical facilities", 2nd edition, prepared by Task Committee on Blast-Resistant Design of the Petrochemical Committee of the Energy Division of the American Society of Civil Engineers. ISBN 978-0-7844-1088-2

Citeren uit deze rapportage toegestaan onder bronvermelding.

Lijnbronnen

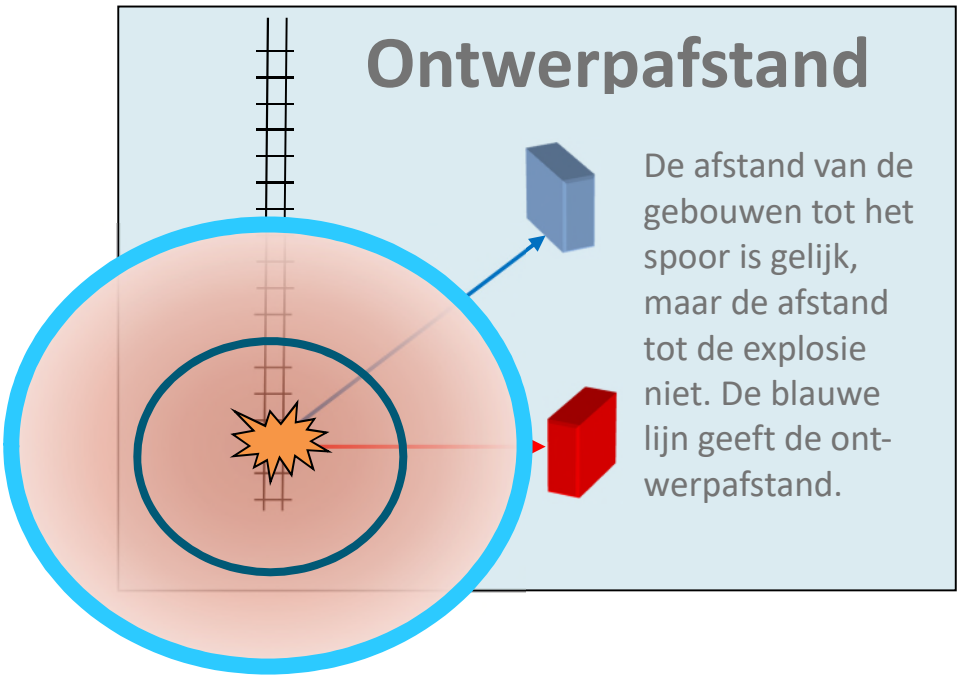
Bij lijnbronnen, zoals (spoor)wegen en leidingen is de plaats waar de explosie kan optreden niet goed voorspelbaar. De explosie kan 'recht voor de deur' plaatsvinden, maar ook verderop.

De kortste afstand tussen een gebouw en het spoor is een loodrechte meting. Echter:

- De kans dat een explosie 'recht voor de deur' plaatsvindt is tevens de allerkleinste kans[12]. De kans dat een explosie verderop langs het spoor plaatsvindt is nog steeds klein, maar groter.
- Bij een explosie op korte afstand van een gebouw kan het zijn dat glas niet meer de zwakste schakel is, maar een gebouw als geheel geen beschermingswaarborg meer biedt voor de personen in het gebouw.
- Des te korter de aan te houden ontwerpafstand, des te ingrijpender de technische aanpassingen aan het glas (en kozijn) en hoe hoger de kosten omdat de druk hoger is naarmate de afstand tot de explosie kleiner wordt.

Daarom is het belangrijk dat een bevoegd gezag bij lijnbronnen een beleidsmatig uitgangpunt geeft op welke afstand een explosie minimaal plaatsvindt. Dit kan de kortste afstand zijn tot de lijnbron, maar ook een aangenomen grotere afstand (vanwege de hiervoor genoemde redenen).

Uit de IPO 10 rapportage 'Bouwkundige maatregelen externe veiligheid, Een eerste aanzet voor een catalogus' (januari 2010) is te herleiden dat bij een aan te houden ontwerpafstand (= de aangenomen afstand tussen de explosie en het te beschermen object) van 70-90 meter tot het spoortransport met gevaarlijke stoffen een goed samenspel van bouwkundig toe te passen maatregelen mogelijk is. De ervaring is inmiddels ook dat bij een ontwerpafstand van 80 meter een kosteneffectieve combinatie met geluidisolatie valt te maken. Ook ligt deze afstand buiten de 46 kPa-contour (zie paragraaf 5.1). Indien een bevoegd gezag - gemotiveerd - een andere ontwerpafstand aanhoud, is dit altijd mogelijk.



12 De kans is vastgesteld per kilometer spoorweg. Van die kilometer spoor is er maar bij een paar meter waar de afstand tot het gebouw het kortst is. De kans dat een incident in die paar meters plaatsvindt is veel kleiner dan de kans op een incident in de overige meters van die kilometer.

Citeren uit deze rapportage toegestaan onder bronvermelding.

Bijlage 3: Benodigde informatie voor glasleverancier

AGC
Your Dreams, Our Challenge

TAS
Technical Advisory Service

INPUT DATA FOR ANALYSIS OF GLAZING PERFORMANCE UNDER EXPLOSION

PROJECT INFORMATION:

Project name:
Location(City, Country):
Customer:
Requestor:

GLAZING SPECIFICATIONS:

1. Dimension (Width x Height), mm

Max. dimensions x , x , x
Min. Dimension x , x , x

2. Composition

☐ Single glazing ☐ Double glazing ☐ Triple glazing* ☐ Others, specify:
If a desired glazing composition or AGC Stratobel Security brand name is available, please specify:

* Calculation software does not allow calculation of triple glazing, special tricks could be performed to simulate triple glazing

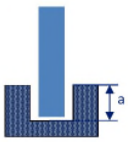
3. Glazing performance

Light properties: Light transmission: % Light reflection: %

Energy properties: Solar factor: %

Thermal properties: Ug: W/m^2K

4. Frame bite Bite a: mm
if not available, 12.7 mm will be used.



5. Other limitations:

Max thickness of glazing: mm

DETAILS OF EXPLOSION LOAD:

1. Potential explosion happens:

☐ Outside of building ☐ Inside of building ☐ Both

2. Type of explosion*

☐ Industrial explosion ☐ Hand-carried satchel bombs ☐ Vehicle bombs
☐ Others, specify:

* Industrial explosion refers to explosion load according to EN 13541
Hand-carried satchel bombs and vehicle bombs refer to explosion load according to ISO 16933

3. Magnitude of explosion load

- Industrial explosion according to EN 13541:
☐ ER1 ☐ ER2 ☐ ER3 ☐ ER4

- Hand-carried satchel bombs according to ISO 16933
☐ SB1 ☐ SB2 ☐ SB3 ☐ SB4
☐ SB5 ☐ SB6 ☐ SB7

- Vehicle bombs according to ISO 16933:
☐ EXV45 ☐ EXV33 ☐ EXV25 ☐ EXV19
☐ EXV15 ☐ EXV12 ☐ EXV10

29-Oct-2019 **Technical Advisory Service (TAS) AGC Glass Europe SA/NV** Avenue Jean Monnet 4, 1348 Louvain-la-Neuve, Belgium Page 1 of 3

 Citeren uit deze rapportage toegestaan onder bronvermelding.

AGC
Your Dreams, Our Challenge

TAS
Technical Advisory Service

- Other explosion load considering max. overpressure and duration of overpressure :

	Load 1	Load 2	Load 3	Load 4
Max. overpressure of reflected blast wave Pr [kPa]				
Duration of the overpressure phase t+ [ms]				

- Other explosion load considering equivalent TNT charge and standoff distance:

	Load 1	Load 2	Load 3	Load 4
TNT equivalent charge size [kg]				
Standoff distance [m]				

Reference:

EN13541: Classification

Classification code	Characteristics of the plane shock wave	
	Max. overpressure of reflected blast wave Pr [kPa]	Duration of the overpressure phase t+
ER1	50	≥20
ER2	100	≥20
ER3	150	≥20
ER4	200	≥20

ISO 16933: Classification
- Hand-carried satchel bombs

Classification code	Calculated nominal equivalents to a large façade	
	TNT equivalent chare size [kg]	Standoff distance [m]
SB1	3.25	9.00
SB2	3.50	7.26
SB3	3.50	5.07
SB4	3.70	3.40
SB5	12.00	5.26
SB6	12.60	4.06
SB7	21.00	4.00

- Vehicle bombs

Classification code	Calculated nominal equivalents to a large façade	
	TNT equivalent chare size [kg]	Standoff distance [m]
EXV45	30	32
EXV33	30	23
EXV25	40	19
EXV19	64	17
EXV15	80	14
EXV12	100	12
EXV10	125	11

GLAZING RESPOND:

Hazard rating according to ASTM F1642*

☐ 1. No Break ☐ 2. No hazard ☐ 3. Minimal hazard

☐ 4. Very low hazard ☐ 5. Low hazard ☐ 6. High hazard

* Hazard rating 1 and 2 is equivalent to NS according to EN 13541 and hazard ratings higher than 2 are equivalent to S.
* Hazard rating 1, 2, 3 ,4 ,5 ,6 correspond to hazard rating A, B, C, D, E, F according to ISO 16933.
* Refer to Annex for more details

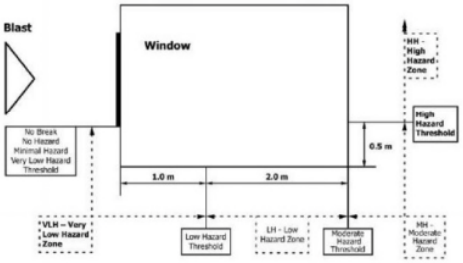
This form provides necessary information for evaluation of glazing performance under explosion load. AGC Glass Europe will not be held responsible for any deviation between data indicated in this form and actual conditions on site. Please fill in the information accurately. If this form is not able to cover all in-stu conditions, please provide supplementary document such as drawing or information documents.

 Citeren uit deze rapportage toegestaan onder bronvermelding.

AGC
Your Dreams, Our Challenge

TAS
Technical Advisory Service

Annex: hazard rating according to ASTM F1642



1	No break	The glazing is observed not to fracture and there is no visible damage to the glazing system.
2	No hazard	The glazing is observed to fracture but is fully retained in the facility test frame or glazing system frame and the rear surface (the side opposite the air-blast loaded side of the specimen) is unbroken
3	Minimal hazard	The glazing is observed to fracture and the total length of tears in the glazing plus the total length of pull-out from the edge of the frame is less than 20 % of the glazing sight perimeter. Also, there are three or fewer perforations caused by glazing slivers and no fragment indents anywhere in a vertical witness panel located 3 m (120 inches (in.)) from the interior face of the specimen and there are fragments with a sum total united dimension of 25 cm (10 in.) or less on the floor between 1 m (40 in.) and 3 m (120 in.) from the interior face of the specimen. Glazing dust and slivers are not accounted for in the rating.
4	Very low hazard	The glazing is observed to fracture and is located within 1 m (40 in.) of the original location. Also, there are three or fewer perforations caused by glazing slivers and no fragment indents anywhere in a vertical witness panel located 3 m (120 in.) from the interior face of the specimen and there are fragments with a sum total united dimension of 25 cm (10 in.) or less on the floor between 1 m (40 in) and 3 m (120 in.) from the interior face of the specimen. Glazing dust and slivers are not accounted for in the rating.
5	Low hazard	The glazing is observed to fracture, but glazing fragments generally fall between 1 m (40 in.) of the interior face of the specimen and 50 cm (20 in.) or less above the floor of a vertical witness panel located 3 m (120 in) from the interior face of the specimen. Also, there are ten or fewer perforations in the area of a vertical witness panel located 3 m (120 in.) from the interior face of the specimen and higher than 50 cm (20 in.) above the floor and none of the perforations penetrate through the full thickness of the foil-backed insulation board layer of the witness panel.
6	High hazard	Glazing is observed to fracture and there are more than ten perforations in the area of a vertical witness panel located 3 m (120 in.) from the interior face of the specimen and higher than 50 cm (20 in.) above the floor or there are one or more perforations in the same witness panel area with fragment penetration through the first layer and into the second layer of the witness panel.

 Citeren uit deze rapportage toegestaan onder bronvermelding.

Bijlage 4: Voorbeeld rekenresultaat glasleverancier

AGC
Your Dreams, Our Challenge

TAS
Technical Advisory Service

ANALYSIS OF GLAZING PERFORMANCE UNDER EXPLOSION

PROJECT INFORMATION:

PROJECT NAME:	ABC project
LOCATION:	LLN, Belgium
CUSTOMER:	ABC

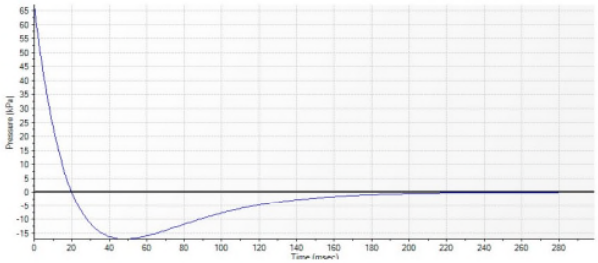
GLASS SPECIFICATIONS:

PRODUCT RANGE:	Stratobel Security Explosion
PRODUCT CODE:	504-9
THICKNESS (mm):	35
WEIGHT (kg/m^2):	81
DIMENSIONS(mm):	1572 x 4200
GLAZING BITE(mm):	22.5

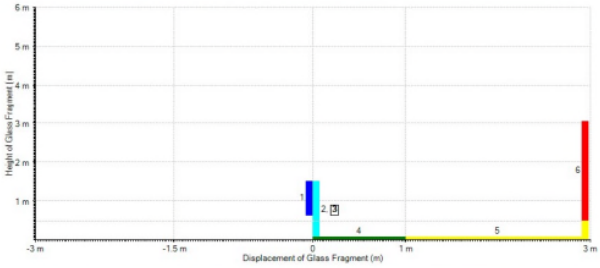
DETAILS NUMERCIAL SIMULATION:

LOAD TYPE:	Blast Loading
SIMULATION METHOD	Single-Degree-of-Freedom
	EN 13541 ER1 (Pr= 50 kPa, t+=20 ms, A=1 following Friedlander waveform)

EXPLOSION CHARGE:



RESULSTS OF SIMULATION:

Glazing	Stratobel Security Explosion 504-9
Protection Level	**ASTM F1642 - 3 Minimum Hazard** (see details in the annex) 
Reference Report	

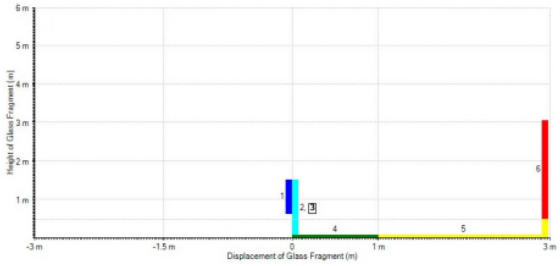
29-Oct-2019 ABC project Page 1 of 2

Citeren uit deze rapportage toegestaan onder bronvermelding.

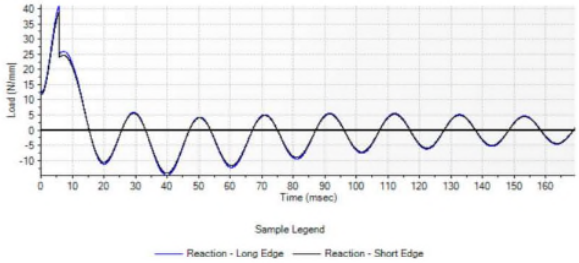
AGC
Your Dreams, Our Challenge

TAS
Technical Advisory Service

RESULSTS OF SIMULATION:

Glazing	Stratobel Security Explosion 504-9
Protection Level	**ASTM F1642 - 3 Minimum Hazard** (see details in the annex) 
Peak Edge Shear Glazing Reaction Loads (Dynamic)	
Reference Report	

Direction	Avg. Load (N/mm)	
	Long edge	Short edge
Inward	41.1	39.1
Outward	-14.9	-14.2



The calculated performances are representative of glazing evaluated by software following the conditions, dimensions and requirements of the standard ASTM F1642 : 2004. This performance has been calculated with a validated software and is not the result of a physical explosion.

The glazing composition to use must also fulfill with the effective dimensions, setting system and loads on the glazing.

In case of asymmetric laminated glass, the glass must be correctly orientated. Refer to the indication label on the security glass.

Best regards,

Minwei Wang
Technical Advisory Service
tas@eu.agc.com
AGC Glass Europe SA/NV
Avenue Jean Monnet 4, 1348 Louvain-la-Neuve, Belgium - Tel: +32 2 409 30 00 - Fax: +32 2 672 44 62 - www.agc-yourglass.com

This transmission is provided by AGC Glass Europe SA (AGC). The information contained in this transmission and all the attachments are confidential and intended solely for the addressees only. If you have received this transmission in error, please notify the sender immediately. The unauthorised use, disclosure, copying or alteration of this transmission is strictly forbidden. AGC will not be liable for any direct, special, indirect or consequential
Any recommendation or any specific technical advice given upon explicit request is provided to the best of our knowledge and is based on the appropriate product and industry standards. For instance, and without being limitative, we take limited information into account with respect to certain parameters due capacity constraints.
Any recommendation or specific advice is a recommendation only and is only given within the framework of the project for which it has been requested, no further or otherwise. It is completely based upon the information provided by the customer. Incomplete information or erroneous information will influence the recommendation or specific advice. Misunderstandings between the customer and AGC are possible. The customer is therefore
AGC will not be responsible for any costs and/or damages resulting from or in relation to the contents of any recommendation or technical advice provided unless the damages were a result of an act or omission for which AGC is mandatory liable under the applicable law. With this disclaimer, AGC limits its liability as far as it is permitted under the applicable law. AGC's general conditions of sale apply to any recommendation or any specific advice provided

Bijlage 5: Literatuuroverzicht

- Fletcher, E.R.; Richmond, D.R. en Yelverton, J.T.,
  Glass fragment hazard from windows broken by airblast,
  Lovelace biomedical and environmental research institute,
  Albuquerque, DNA 5593T, 1980.

- W.E. Baker, P.A. Cox, P.S. Westine, J.J. Kulesz en R.A. Strewlow,
  Explosion Hazards and Evaluation,
  Elseviers Science Publishers, 1983

- Kinney, G.F. en Graham, K.J.,
  Explosives Shocks in Air,
  Springer Verlag, 1985

- Edmonson, J.N.,
  The estimation of fatality probabilities from blast for populations located inside conventional buildings,
  AEA Technology RANN/2/49/00054/89, 1992.

- Blast and Ballistic Loading of Structures, John Hetherington, Peter Smith, CRC Press, 1st Edition, CRC Press Published August 15 1994, ISBN 9780750620246 - CAT# Y132398

- Wees, R.M.M. van en Peters, D.J.,
  Accuracy and range of applicability of the single degree-of-freedom method,
  Proceedings of 7th International Symposium on 'Interaction of the Effects of Munitions with Structures', April 24-28, 1995.

- L.H.J. Absil, A.C. van den Berg, J. Weerheijm,
  Blast-wave interactions with multiple structures
  Shock Waves, Vol.1, Ed. Sturtevant, Hornung, Shepherd, World Scientific, 1996

- Doormaal, J.C.A.M. van, Numerical Simulation of Blast Loaded Reinforced Concrete Slabs, Proceedings of 9th International Symposium on 'Interaction of the Effects of, Munitions with Structures', May 4-7, 1999-12-22.

- Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen 1
  Methoden voor het bepalen van mogelijke schade. Aan mensen en goederen door het vrijkomen van gevaarlijke stoffen.
  Ministerie van VROM, maart 2005

- Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen 2
  Methods for the calculation of physical effects – due to the release of hazardous materials (liquids and gases), Third edition Second revised print
  Ministerie van VROM, 2005

- Design of blast-resistant buildings in petrochemical facilities, 2nd edition, 2010
  prepared by Task Committee on Blast-Resistant Design of the Petrochemical Committee

 Citeren uit deze rapportage toegestaan onder bronvermelding.

of the Energy Division of the American Society of Civil Engineers.
ISBN 978-0-7844-1088-2

- UFC 3-340-02 Structures To Resist The Effects Of Accidental Explosions - Change 2, 1 September 2014

- Process Safety Calculations, 1st Edition, Editors: Renato Benintendi, Paperback ISBN: 9780081012284, 31st October 2017

- A survey of computational models for blast induced human injuries for security and defence applications, JRC, EUR 30039 EN, 2020

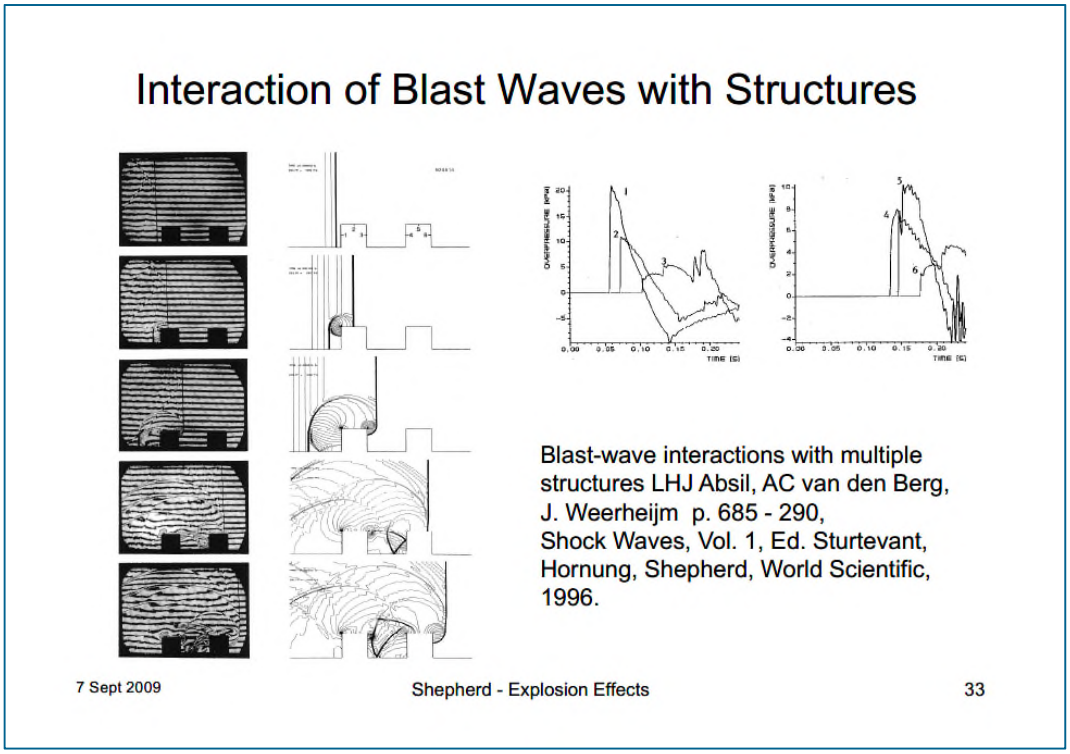
- Handreiking bouwen binnen een invloedsgebied. Deel 2: de mogelijkheden van glas als beschermingsmiddel. Laboratorium externe veiligheid (Lev) van de samenwerkende veiligheidsregio's in samenwerking met Antea Group, 2016.

- Explosiebestendige gevels, Numeriek onderzoek naar het gedrag en de prestaties van conventionele aluminium vliesgevels. J. Frencken. Afstudeerrapport TUE, oktober 2013

 Citeren uit deze rapportage toegestaan onder bronvermelding.

Bijlage 6: De drukgolf en reflectie gevisualiseerd

De onderstaande afbeelding is afkomstig uit de publicatie 'Blast-wave interactions with multiple structures Shock Waves, Vol.1, Ed. Sturtevant, Hornung, Shepherd, World Scientific, 1996'. Deze afbeelding visualiseert onder meer het ruimtelijke gedrag van een drukgolf.



Citeren uit deze rapportage toegestaan onder bronvermelding.

Bijlage 7: De begeleidingscommissie

Deze rapportage is opgesteld in afstemming met een begeleidingscommissie met de volgende samenstelling:

- Gemeenten Daniël Koster, gemeente Rotterdam
- Omgevingsdienst Rogier Wegerif, Omgevingsdienst Midden Holland
- Veiligheidsregio's Ronald Miltenburg, Veiligheidsregio Gooi & Flevoland
- RIVM Arjan Boxman
- KennisCentrum Glas Jo Joosten
- Ministerie van I&W Aniek Ahlers

Citeren uit deze rapportage toegestaan onder bronvermelding.

Over Antea Group

Van stad tot land, van water tot lucht; de adviseurs en ingenieurs van Antea Group dragen in Nederland sinds jaar en dag bij aan onze leefomgeving. We ontwerpen bruggen en wegen, realiseren woonwijken en waterwerken. Maar we zijn ook betrokken bij thema's zoals milieu, veiligheid, assetmanagement en energie. Onder de naam Oranjewoud groeiden we uit tot een allround en onafhankelijk partner voor bedrijfsleven en overheden. Als Antea Group zetten we deze expertise ook mondiaal in. Door hoogwaardige kennis te combineren met een pragmatische aanpak maken we oplossingen haalbaar én uitvoerbaar. Doelgericht, met oog voor duurzaamheid. Op deze manier anticiperen we op de vragen van vandaag en de oplossingen van de toekomst. Al meer dan 60 jaar.

Contactgegevens

Beneluxweg 125
4904 SJ OOSTERHOUT
Postbus 40
4900 AA OOSTERHOUT
T. 06 20 54 48 23
E. jeroen.eskens@anteagroup.com

www.anteagroup.nl

Copyright © 2019
Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, elektronisch of op welke wijze dan ook, zonder schriftelijke toestemming van de auteurs.