



Voorbeelden bouwtechnische maatregelen

Rotterdamse haven

projectnummer
01.0455503.100
definitief
24 maart 2021

Voorbeelden bouwtechnische maatregelen

Rotterdamse haven

projectnummer 01.0455503.100

definitief revisie 03
24 maart 2021

Auteurs

Jeroen Eskens
Matthijs de Maaijer

Opdrachtgever

Gemeente Rotterdam
Postbus 6575
3002 AN Rotterdam

datum vrijgave	beschrijving revisie 03	goedkeuring	vrijgave
24 maart 2021	definitief	M.de Maaijer/J. Eskens	J. Eskens

Inhoudsopgave

	Blz.	
1	Inleiding	1
2	Juridisch kader	3
3	Voorkoming van scherfwerking van beglazing	4
3.1	Uitgangspunten voor bescherming in de havengebieden	4
3.2	Aanpak voorkomen van letsel door scherfwerking van beglazing	6
3.2.1	Scherfvrij glas	6
3.2.2	Scherfopvang systeem	7
3.2.3	Bestendigheid van gebouwen (muren) tegen externe explosiebelastingen	8
3.2.4	Uitvoering kozijn	9
4	Centraal afsluitbaar ventilatiesysteem	10
4.1	Schakelprincipes	10
4.2	Situering luchtinnamepunten	11
5	Lekkering bij ramen en deuren	12
5.1	Luchtdichtheidsklasse	12
6	Tijdelijke vluchtruimte	14
6.1	Overdrukinstallatie	14
6.2	Prefab schuilvoorzieningen	15

Bijlagen

Bijlage 1: Rekenfactoren bij gevelreflectie

Bijlage 2: Voorbeelden ventilatie afschakelsystemen

Bijlage 3: Checklist tijdelijke vluchtruimte

Bijlage 4: Prefab schuilvoorzieningen

1 Inleiding

In de bestemmingsplannen van de Rotterdamse haven zijn eisen opgenomen om personen in (beperkt) kwetsbare gebouwen¹ te beschermen tegen de gevolgen van een incident met gevaarlijke stoffen. Als zich een explosie voordoet of een gifwolk vrijkomt kunnen personen, in een gebouw dat op deze eisen ontworpen is, hierdoor beter beschermd zijn dan in een standaard² gebouw.

Wat zijn die eisen in het bestemmingsplan en aan welke maatregelen moeten we dan denken? In dit voorbeeldenboek wordt hierover uitleg gegeven.

Voor welke situaties is de bescherming tegen explosies en gifwolken bedoeld?

De voorbeelden zijn bedoeld voor en afgestemd op de bouw van functioneel gebonden (beperkt) kwetsbare gebouwen binnen de veiligheidscontouren van de Rotterdamse haven.

Bij toepassing van de voorbeelden buiten de Rotterdamse haven moet eerst bepaald worden of de uitgangspunten vergelijkbaar zijn met de uitgangspunten die voor de Rotterdamse haven zijn aangehouden.

De aanleiding voor het opstellen van een voorbeeldenboek

In de bestemmingsplannen van de Rotterdamse haven zijn beschermingsdoelen beschreven. De afgelopen jaren is gebleken dat het vaak lastig is om te bepalen wanneer voldoende aan de beschermingsdoelen wordt voldaan. In deze handreiking wordt met uitgangspunten en voorbeelden beschreven op welke wijze de beschermingsdoelen behaald kunnen worden.

Het voorbeeldenboek kent ook beperkingen.

Sommige materiaaltoepassingen vragen bepaling- of berekeningsmethoden die (nog) niet zijn ontwikkeld of niet zijn toegespitst op de belastingen die kunnen ontstaan ten gevolge van bijvoorbeeld een explosie. Het voorbeeldenboek dient daarom vooral als inspiratie. Bij concrete toepassing in de aangewezen gebieden is de inzet van vakspecialisten noodzakelijk om aantoonbaar tot het gewenste beschermingsniveau te komen.

Niet alleen andere materialen, maar ook een andere werkwijze:

Traditioneel is het gangbaar om eerst de contouren van een nieuw gebouw vast te stellen en dit vervolgens verder uit te werken. Het inpassen van de veiligheidsmaatregelen komt daarbij veelal in de eindfase aan bod. Het goed toepassen van beschermende maatregelen vraagt om een andere volgorde in het bouwproces. Niet eerst de gevel ontwerpen en daarna de glaskeuze bepalen. Bij bescherming tegen explosies moet juist eerst de glaskeuze gemaakt worden waarna het kozijn en de gevel zodanig moet worden ontworpen dat die de beschermende werking van het glas ondersteunen.

¹ De huidige externe veiligheidswetgeving en het bestemmingsplan spreekt van objecten. In deze rapportage is de terminologie gehanteerd van de Omgevingswet, waarin over (beperkt)kwetsbare gebouwen wordt gesproken. Dit voorbeeldenboek blijft ook onder de omgevingswet bruikbaar.

² Standaard gebouw: een gebouw dat is uitgevoerd conform de eisen van het Bouwbesluit.

Wie hebben er aan dit voorbeeldenboek gewerkt?

Dit voorbeeldenboek is in opdracht van de gemeente Rotterdam opgesteld door Antea Group. De uitgangspunten en voorbeelden in dit boek zijn afgestemd met:

- Het Havenbedrijf Rotterdam
- DCMR
- De Veiligheidsregio Rotterdam-Rijnmond (VRR)

Leeswijzer

In [hoofdstuk 2](#) worden de planregels gegeven die de aanleiding hebben gevormd voor het opstellen van dit voorbeeldenboek. In [hoofdstuk 3](#) wordt ingegaan op veilige glastoepassingen. Methoden voor het afschakelen van de mechanische ventilatie staan beschreven in [hoofdstuk 4](#), waarna [hoofdstuk 5](#) in gaat op lekwerking bij ramen en deuren. Ten slotte wordt in [hoofdstuk 6](#) ingegaan op de uitvoering van tijdelijke vluchtruimten.

2 Juridisch kader

De eisen waaraan een gebouw in Nederland moet voldoen, zijn opgenomen in het Bouwbesluit³. In het Bouwbesluit zijn nagenoeg geen eisen opgenomen die een gebouw beschermen tegen de belastingen die kunnen ontstaan ten gevolge van incidenten met gevaarlijke stoffen.

In de bestemmingsplannen van de Rotterdamse haven zijn planregels opgenomen die voor (beperkt) kwetsbare gebouwen aanvullende bescherming voorschrijven. De gemeente heeft hiervoor gekozen omdat er in de haven veiligheidscontouren zijn vastgesteld. Hierdoor is er groei-ruimte voor bedrijven vastgelegd en wordt de omgeving beschermd. Binnen de risicocontour zijn (Beperkt) kwetsbare gebouwen in de veiligheidscontour onwenselijk aangezien dit gebied gereserveerd is voor risicovolle bedrijven. Enkel functioneel gebonden (beperkt) kwetsbare gebouwen zijn toegestaan.

In het onderstaande tekstblok 1 zijn artikel 59.1 en 59.2 uit het bestemmingsplan Botlek-Vondelingenplaat (2015) overgenomen. De andere bestemmingsplannen in de haven bevatten soortgelijke eisen. Op onderdelen kunnen deze verschillen, dus het is belangrijk om bij een planontwikkeling het juiste bestemmingsplan te raadplegen. In de verdere hoofdstukken wordt ingegaan op de uitgangspunten voor de realisatie van deze maatregelen.

Tekstblok 1: Artikel 59.1 en 59.2, aanvullende bouwtechnische eisen.

59.1 Kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten – functionele binding

- c. Het bouwen van of aanbrengen van veranderingen van niet ondergeschikte aard overeenkomstig de vorige leden toegelaten kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten in het gebied waarvoor een veiligheidscontour geldt, is slechts toegestaan, voor zover deze objecten zijn voorzien van of zijn uitgerust met:
1. beglazing dat zodanig is uitgevoerd dat scherfwerking wordt voorkomen en
 2. een adequaat functionerend centraal afsluitbaar ventilatiesysteem en
 3. lekwerende voorzieningen bij raam- en deuropeningen of
 4. indien niet aan 2 en 3 wordt voldaan, een tijdelijke vluchtruimte, waaronder wordt begrepen een in of direct naast het object gelegen afsluitbare ruimte van voldoende omvang om het maximaal aantal personen dat in het object aanwezig is gedurende een calamiteit voor een periode van minimaal 2 uur een adequate verblijfplaats te bieden, welke ruimte gas- en luchtdicht is of op korte termijn op overdruk kan worden gebracht en gehouden.
- d. Het bouwen van kwetsbare objecten, voor zover het kantoren betreft, slechts toegestaan tot een maximum bruto-vloeroppervlakte van 3.000 m² voor zover uit specifieke bouwvoorschriften in dit bestemmingsplan niet anders voortvloeit.
- e. Dit artikel is, met uitzondering van het bepaalde onder c, niet van toepassing op kwetsbare objecten of beperkt kwetsbare objecten die behoren tot een inrichting als bedoeld in artikel 2 eerste lid van het Besluit externe veiligheid inrichtingen.
- f. Voor zover de in dit artikel onder c opgenomen maatregelen of daarmee gelijk te stellen maatregelen tevens vereist zijn op grond van het Bouwbesluit, prevaleert in geval van strijdigheid het bepaalde in het Bouwbesluit.

59.2 Afwijking

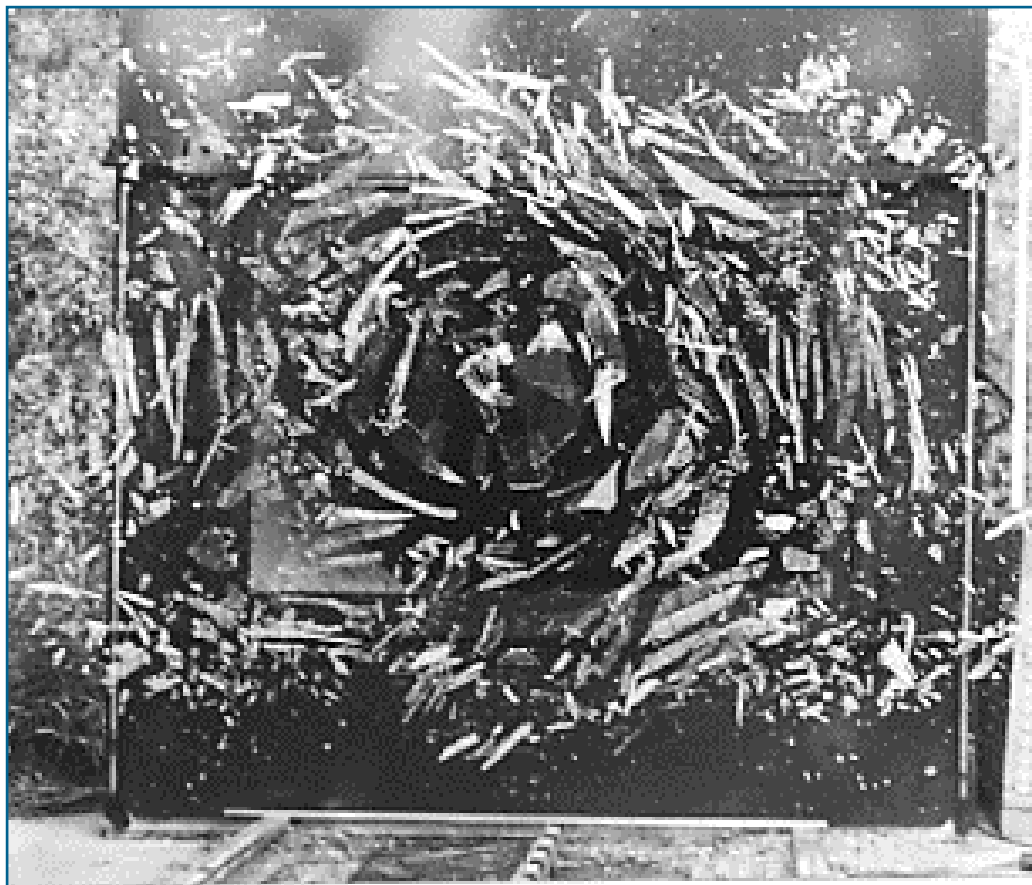
Bij omgevingsvergunning kan worden afgeweken van het bepaalde in artikel 55.1 onder c indien op andere wijze een vergelijkbaar veiligheidsniveau kan worden gerealiseerd. Bij omgevingsvergunning kan worden afgeweken van het bepaalde in artikel 55.1 onder d als de bedrijfseconomische noodzaak daarvan is aangetoond met een bedrijfseconomisch onderzoek.

Alvorens vergunning te verlenen wint het bevoegd gezag schriftelijk advies in bij de milieudeskundige en de veiligheidsregio.

³ In 2022 wordt de Omgevingswet van kracht en het Bouwbesluit vervangen door het Besluit bouwwerken leef-omgeving. Omdat het voorbeeldenboek zich richt op de bouwkundige voorbeelden, wordt niet nader ingegaan op de consequenties van de veranderde wetgeving.

3 Voorkoming van scherfwerking van beglazing

Op wat grotere afstand van het explosiecentrum zal vanwege de relatief lage explosieoverdruk, de schade aan gebouwen hoofdzakelijk bestaan uit ruitbreuk. De snelheid en massa van de glaszerven kunnen echter dermate hoog zijn, dat dit letsel aan personen veroorzaakt die zich achter de ruit bevinden. In dit hoofdstuk wordt aangegeven hoe bescherming tegen scherfwerking kan worden geboden en welke uitgangspunten daarbij aangehouden zijn.



Figuur 1: Typisch patroon van naar binnen gerichte scherfwerking onder invloed van explosies.

In de planregels is aangegeven dat de beglazing zodanig moet worden uitgevoerd dat scherfwerking van glas wordt voorkomen. Het voorkomen van scherfwerking wordt echter niet alleen bereikt met de juiste glascombinatie, maar door de juiste verankering van het glas in het kozijn, het type kozijn en de verankering van het kozijn in de gevel. In feite is sprake van een systeemkeuze.

3.1 Uitgangspunten voor bescherming in de havengebieden

De Rotterdamse haven is een uniek gebied, met een groot aantal verschillende activiteiten die risico's voor de omgeving kunnen veroorzaken. Het betreft echter ook de gebieden waar een groot scala aan veiligheidsmaatregelen van toepassing is om juist de omgeving te beschermen tegen de impact van de risicovolle activiteiten. Specifiek voor de havengebieden zijn de onderstaande uitgangspunten geformuleerd.

Uitgangspunt 1: De optredende luchtdruk

De gemeente Rotterdam geeft aan dat bij de glaskeuze moet worden uitgegaan van een explosiedruk golf met een op het gebouw invallende piekoverdruk van 10 kPa.

Waarom dit uitgangspunt? De havengebieden zijn dynamisch. Er zijn bestaande explosiebronnen en er kunnen nieuwe explosiebronnen bij komen. Daarnaast is de locatie van de mogelijke explosie veelal onbekend. Vindt de explosie op een transportas vlakbij plaats, of verderop? Om die reden is een aanname gedaan van de overdruk waarop de glassamenstelling berekend moet worden. Bij deze aanname is meegewogen dat in de risicogezoneerde havengebieden een hoger risico acceptabel wordt geacht dan bijvoorbeeld in een woonwijk. De keuze voor 10 kPa betekent ook dat als bij een incident de overdruk op het gebouw hoger is, gevaarlijke scherfwerking wél kan optreden of een gebouw instort.

Let op:

Het uitgangspunt van 10 kPa betreft de *invallende* overdruk. Afhankelijk van de vorm van het gebouw kan de daadwerkelijke druk op de gevel hoger zijn omdat de invallende druk golf zich 'opstapelt tegen de gevel ofwel reflecteert'. Bij het ontwerpen van een gebouw moet de drukbelasting berekend worden met *de reflectiefactor*.

Uitgangspunt 2: Beschermen tegen scherfwerking of gevaarlijke scherfwerking?

Van welke bescherming tegen scherfwerking wordt uitgegaan?

De havenbestemmingsplannen geven aan dat scherfwerking moet worden voorkomen. Strikt juridisch gezien betekent 'voorkomen van scherfwerking' hetzelfde als 'Geen scherfwerking'. Zeker in havengebieden, waar sprake is van een grote diversiteit aan risicobronnen, zijn redelijkerwijs geen maatregelen te geven die altijd scherfwerking voorkomen (zie ook uitgangspunt 1). In dit voorbeeldenboek wordt uitgegaan van het voorkomen van gevaarlijke scherfwerking bij een piekoverdruk van 10 kPa, waarbij ten aanzien van het aantal scherven kan worden uitgegaan van ASTM-klasse 3 (ASTM 1642 / ISO 19934).

Uitgangspunt 3: De tijdens de explosie vrijkomende warmte

Bij de glaskeuze hoeft geen rekening te worden gehouden met de bij een explosie optredende warmte.

Bij een explosie komt kortstondig ook een enorme warmte vrij. Dit effect is beter vergelijkbaar met een warmteschok dan met de langdurige warmtestraling die bijvoorbeeld vrijkomt bij een (plas)brand. Hoe glas precies reageert op de warmteschok hangt af van vele factoren. Aangenomen wordt dat de folies die *in* het glas aanwezig zijn om de scherfwerking te voorkomen, ook effectief bijdragen aan het in stand houden van het glas ten gevolge van de warmteschok.

3.2 Aanpak voorkomen van letsel door scherfwerking van beglazing

Ruiten vormen een grote dreiging voor personen in gebouwen omdat normale ruiten al bij relatief lage drukken bezwijken en doordat de scherpe fragmenten diepe snijwonden kunnen veroorzaken. Bij het invullen van maatregelen tegen gevaarlijke scherfwerking geldt allereerst de volgende bouwstrategie:

- Het minimaliseren van ramen in totaaloppervlak en deelopervlak (afmeting van enkelvoudige ruiten);
- Het minimaliseren van raamoppervlak gericht naar de te verwachten explosiebron;
- Het toepassen van schervvrij glas of een scherfopvangsysteem.

Het toepassen van schervvrij glas betekent niet perse dat een ruit niet mag bezwijken, want het is met name de restsnelheid van het fragment en de vorm die het risico op letaliteit bepaalt. Er zijn twee strategieën:

- Toepassen van schervvrij glas;
- Het aanbrengen van een scherfopvang systeem.

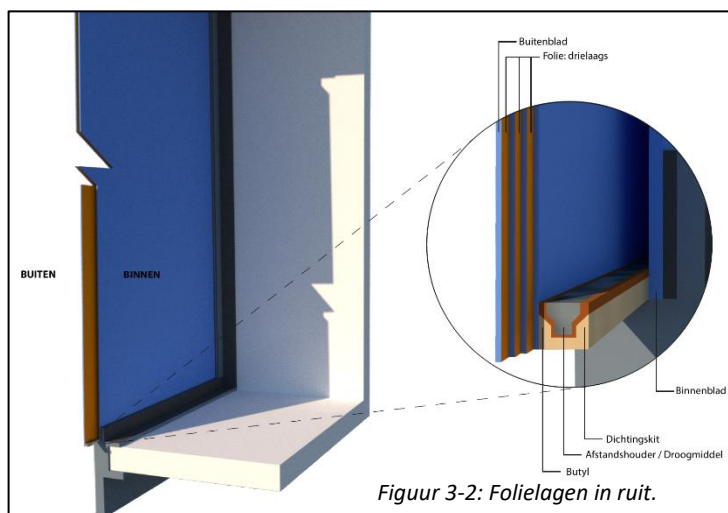
Maatregelen tegen scherfwerking zijn niet effectief als de gevel de explosiebelasting niet kan weerstaan of het kozijn de optredende krachten niet kan afdragen op deze gevel. In dit voorbeeldenboek geldt als uitgangspunt dat de optredende piekoverdruk 10 kPa bedraagt. De constructie van conventionele gebouwen zal bij deze piekoverdruk niet falen en de constructieschade blijft beperkt tot het mogelijk bezwijken van houten zijpanelen, of vervorming van (dunne) metalen platen. Zoals bij uitgangspunt 1 aangegeven, ook totale overdruk ook afhankelijk van de wijze waarop de luchtdruk zich tegen de gevel opstapelt (reflecteert).

Er kunnen in de havengebieden incidenten optreden waarbij een incident de piekoverdruk op een gevel hoger is dan 10 kPa. Voor situaties waarin het gewenst is om, aanvullend op uitgangspunt 1, de constructie aan een gebouw te versterken, zijn paragraaf 3.2.3 en 3.2.4. opgenomen.

3.2.1 Schervvrij glas

Schervvrij glas is de omschrijving van een samenstelling van diverse glaslaagjes waartussen glasfolies zijn opgenomen. Voor een nadere toelichting omtrent schervvrij glas wordt verwezen naar de publicatie "Beglazing in explosieaandachtsgebieden. Toepassing schervvrij glas" (Antea Group april 2020). Hierbij dienen tevens de kozijnen sterk en flexibel te worden uitgevoerd. Om tot de juiste glaskeuzes te komen, moet de glasleverancier op basis van de uitgangspunten een ontwerp maken en een certificaat kunnen leveren.

Bij het toepassen van schervvrij glas is het van belang dat de ruit tijdens en na een explosiebelasting heel en op zijn plaats



blijft. Hiervoor moet ook de gevel en het kozijn waarin de ruit is opgenomen de explosiekracht kunnen weerstaan (zie hiervoor paragraaf 3.2.3 en 3.2.4).

3.2.2 Scherfopvang systeem

Zeker in een industriële omgeving kunnen scherfopvangsystemen een goed alternatief zijn. De basis van het systeem bestaat uit gelamineerde ruiten⁴. Vervolgens wordt een frame rondom de ruit aangebracht of geïntegreerd in de constructie waarin één (of meerdere) staaldraden of opvangstaven worden geplaatst.



Figuur 3-3: Opvangstaven achter ruit.

Als de ruit getroffen wordt door een schokgolf zal de ruit uitbuigen. Als de schokgolf zodanig sterk is, wordt de ruit uit de sponning getrokken waarna deze wordt opgevangen door de kabel(s) of staven. De ruit zal hierbij breken, maar doordat in de ruit folies aanwezig zijn, blijven de scherven bij elkaar en zal de ruit als een 'glazendoek over een waslijn' hangen. Het toepassen van de juiste glassoorten en folies vereist hierbij specialistisch werk door de glasleverancier.



Figuur 3-4: Het opvangsysteem voor en na een blasttest.

⁴ Dit zijn ruiten die opgebouwd zijn uit meerdere lagen van (verschillende soorten) glas, waartussen een folie aanwezig.

3.2.3 Bestendigheid van gebouwen (muren) tegen externe explosiebelastingen

De planregels in het bestemmingsplan stellen eisen aan het glas in een gebouw, niet aan de constructie van het gebouw zelf. Volledigheidshalve wordt in de paragraaf informatie gegeven over de weerstand van gebouwen tegen een explosie.

Veel gebouwen bestaan uit een draagconstructie van gewapend beton of een stalen frame⁵. Deze draagconstructie is in het algemeen sterker en beter bestand tegen een explosie dan de constructie-onderdelen die hieraan bevestigd zijn, zoals gemetselde muren.

Een aandachtspunt voor een sterke dragende constructie is het zorgdragen voor sterke verbindingen. De stalen skelet-bouw en gewapend betonnen constructies bezitten een hoge mate van energie-absorptie welke een grote uitbuiging kunnen ondergaan zonder te bezwijken.



De gevel is derhalve het meest zwakke onderdeel bij de opname van belastingen ten gevolge van externe explosies. De gevels hebben normaliter de functie de gebruikers van een gebouw tegen de weersinvloeden te beschermen en zijn vaak alleen maar bestand tegen een windbelasting.

De explosie-belasting kan zo groot zijn dat de gemetselde muren naar binnen geblazen worden terwijl het gebouw zelf zal blijven staan. Voorbeelden hiervan zijn gegeven in

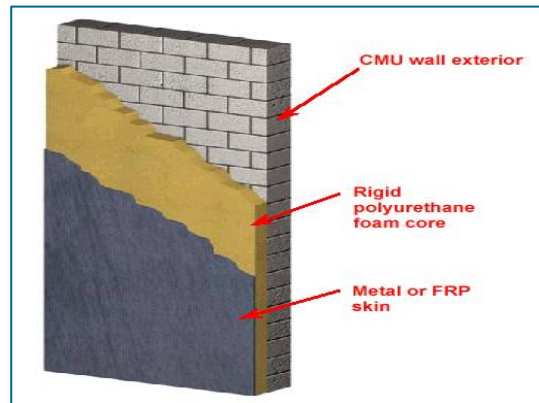


figuur 3-5. Het betreft hier een incident met een invallende overdruk groter dan 10 kPa.

Figuur 3-5 a en b: Voorbeelden van bezweken muren.

⁵ Het Bouwbesluit stelt geen eisen aan de gekozen bouwmaterialen en sterkte van een constructie in relatie tot explosies.

Om deze bezwijkvormen te voorkomen, is versteviging nodig. Er zijn hiervoor verschillende mogelijkheden. Er kunnen bijvoorbeeld meer ondersteuningspunten aangebracht worden waardoor de effectieve overspanning van de muur kleiner wordt en dus de weerstand tegen een explosie groter wordt. Ook kan de sterkte van het metselwerk verhoogd worden door er ander materiaal tegenaan te bevestigen.



Figuur 3-6: Versteviging van de gevel

3.2.4 Uitvoering kozijn

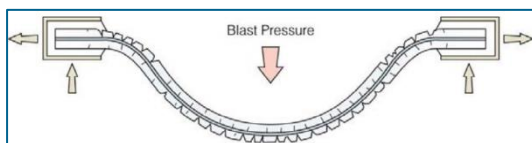
De wijze van de montage van het glas in het kozijn en het kozijn in de gevel bepaalt mede de scherfwerking van het glas.

Als het glas in een star en stevig kozijn is gemonteerd zullen zowel de optredende spanningen in het belaste glas als de krachten op de verankeringspunten van het kozijn maximaal zijn. Als het glas is gemonteerd in een flexibel profiel met pakkingen of verlijming zal de flexibiliteit van het gehele systeem de spanningen in het glas en verankeringspunten verminderen.

Het toepassen van constructieve siliconenvoegen in een U-profiel is vaak de beste manier is om glasruiten ten tijde van een explosie in hun sponningen bevestigd te houden. Deze bevestigingsmethode noemt men ook wel *wet of structural glazing*. De siliconenvoeg is hierbij in staat de schuifkrachten tussen het glas en de profielen over te brengen, en voorkomt dat het glas als geheel uit de gevel wordt geblazen.

De berekening aan de lijmverbinding dient op basis van een siliconen product uitgevoerd te worden. De breedte van de lijmverbinding, dient per situatie specifiek berekend te worden⁶. Tevens zal er met deze berekening ook een hoogte van de lijmlaag bepaald worden⁷. Hierbij dient rekening gehouden te worden met een minimale lijmlaaghoogte van 6 mm.

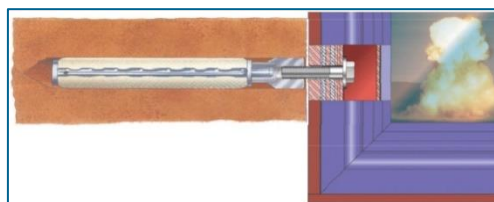
In figuur 3-7 is het glas ingebed in een siliconenvoeg in een stalen U-profiel. Leveranciers van siliconenafdichtingsmaterialen geven aan dat er kitten leverbaar zijn die ook getest zijn onder hoge temperaturen.



Figuur 3-7: Membraanwerking van de tussenlaag in een gebroken gelaagde glasconfiguratie⁸

Om het kozijn stevig in de gevelconstructie te bevestigen kan deze voorzien worden van ankers

(zie figuur 3-8), afhankelijk van de benodigde sterkte en het materiaal van de gevel.



Figuur 3-8: Kozijnankers

Rekenmethoden voor het ontwerp van geschikte kozijnen zijn te vinden in de PDC-TR 10-02 "Blast resistant design methodology for window systems designed statically and dynamically."

⁶ Siliconenproducten zijn kortstondig beter bestand tegen hoge temperaturen (< 220 graden), desondanks zijn structurele beglazingslijmen hier niet voor ontwikkeld. Indien er voldaan moet worden aan specifieke brandeisen, is het noodzakelijk om een aanvullende brandwerende siliconen lijm voor te schrijven om het geheel af te dichten

⁷ Aanvullend op de berekening is het noodzakelijk dat de ondergrondsterkte van voldoende kwaliteit is en de hechting met het glas en het kozijn gewaarborgd is.

⁸ Hadden, D/ (2005). *The role of building facades – Protection against impacts and terrorism. In Proceedings of the 9th international glass conference*

4 Centraal afsluitbaar ventilatiesysteem

In veel nieuwbouwsituaties en bij renovatie wordt mechanische ventilatie toegepast, al dan niet met warmteterugwinning. Veel van deze systemen zijn niet uit te schakelen en of niet afsluitbaar. Daarmee wordt voorkomen dat de luchtkwaliteit binnen, door te weinig ventilatie, onaantvaardbaar verslechtert.

In geval van een giftige gaswolk is afschakelen wenselijk. In de brief aan de Tweede Kamer van 19 december 2008 (kenmerk DGM/RB 2008118215) geeft Minister Cramer van VROM aan dat systemen afschakelbaar moeten zijn. Als de Omgevingswet van kracht is in Nederland afschakelbare ventilatie verplicht op grond van artikel 4.124, lid 4 van het Besluit bouwwerken leefomgeving.

Haven- en industriegebieden zijn gebieden met een vergrote kans op het vrijkomen van gifwolken. Daarom is het hier, als aanvulling op het kunnen afschakelen van de motor van het ventilatiesysteem, verstandig om ook het ventilatiekanaal te kunnen afsluiten omdat anders een open verbinding blijft bestaan tussen binnen en buiten⁹.

Ventilatie is noodzakelijk voor een goede gezondheid.

De introductie van ventilatie eisen heeft in het verleden een sterk positieve invloed gehad op de volksgezondheid. Om die reden is aanvankelijk het kunnen afschakelen van mechanische ventilatie niet toegestaan. Omdat bij een incident met gevaarlijke stoffen mechanische ventilatie kan leiden tot een versnelde toetreding van giftige stoffen in een ruimte, wordt het handmatig kunnen afschakelen nu toegestaan. Voor de algehele volksgezondheid is het echter van belang dat afschakeling alleen plaatsvindt bij de (dreiging van) blootstelling aan gevaarlijke stoffen.

Indien een vorm van mechanische ventilatie wordt toegepast, is de actieve werking hiervan te onderbreken via een elektrische schakeling. Hierbij gelden voorwaarden:

- Goede toegankelijkheid in geval van calamiteit
- Goede herkenbaarheid in geval van calamiteit
- Instructies dat schakeling alleen bij calamiteiten gebruikt mag worden.

4.1 Schakelprincipes

Het afschakelbaar maken van de mechanische ventilatie wordt gerealiseerd door een schakelaar in te bouwen die de elektriciteitsvoeding van de ventilatoren/het ventilatiesysteem verbreekt. Het is belangrijk dat de schakeling bediend kan worden van een goed toegankelijke plaats *binnen* in het gebouw (bijvoorbeeld vanuit de receptie van een gebouw). Er zijn ook systemen waarbij het afschakelen op afstand kan worden aangestuurd.

Er zijn verschillen tussen individuele systemen (woonhuisventilatoren, kleinschalige bedrijfstoe-passingen) en grotere (collectieve) ventilatiesystemen. Een woonhuisventilator is aangesloten op een 220 Volt voeding. Grotere systemen maken vaak gebruik van een krachtstroomaansluiting. In bijlage 2 zijn enkele voorbeelden opgenomen van diverse soorten afschakelsystemen inclusief een kostenindicatie. Een initiatiefnemer kan hierbij zelf bepalen welk systeem in een concrete situatie het beste is.

⁹ Het afsluiten/afdichten van een ventilatiekanaal is niet als verplichting opgenomen in het Bbl. Hierin is enkel het kunnen uitschakelen van de mechanische ventilatie verplicht. Omdat er in het havengebied meerdere risicobronnen aanwezig zijn, wordt het kunnen afsluiten wel geadviseerd.

4.2 Situering luchtinnamepunten

Een belangrijk kenmerk van een gaswolk is dat de wolk zich als wolk verplaatst met de wind. Dat impliceert dat een gebouw niet altijd geheel door de wolk omhuld zal zijn. In het algemeen zal een wolk afhankelijk van de windsterkte binnen één tot enkele uren zodanig zijn verplaatst of verdund dat het gevaar is afgenomen en ventilatie weer mogelijk is.

De plaats van de ventilatieopening is van belang voor de geboden bescherming. Er is altijd enige vertraging tussen het constateren van een dreigende giftige gaswolk en het afschakelen en afsluiten van een ventilatiesysteem. Het slim plaatsen van de inlaat kan die vertraging opvangen. De keuze van de plaats zal altijd van de incidentlocatie af gericht moeten zijn, waarbij opgemerkt wordt dat in een havengebied er veelal geen eenduidige incidentlocatie is te bepalen. In de regel is een hoge plaatsing te verkiezen boven een lage. Voorts kan in overweging worden genomen om twee inlaatopeningen te realiseren die afzonderlijk afsluitbaar zijn.

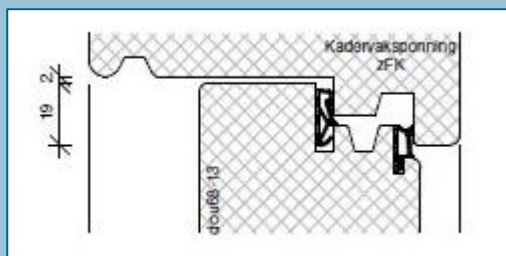
In sommige literatuur wordt gewezen op de positieve invloed van het ontbreken van voegen in de gevel. Ten opzichte van de invloed van ventilatie is dit echter een ondergeschikte factor.

5 Lekkering bij ramen en deuren

Een gebouw is nooit luchtdicht, en mag ook nooit luchtdicht zijn. Dit omwille van de algehele gezondheid van de personen die in het gebouw verblijven. Bij een modern gebouw, dat ontworpen is met een goede thermische- en geluidisolatie vraagt de lekkering vanuit het oogpunt van externe veiligheid nauwelijks extra aandacht. De belangrijkste maatregel, het kunnen afsluiten van de mechanische ventilatie, is hierbij reeds in hoofdstuk 4 beschreven.

In dit hoofdstuk wordt aangesloten bij de eisen uit het Bouwbesluit en ingegaan op luchtdichtheidsklassen en aandachtspunten bij het voorkomen van luchtlekken.

Om een goede geluidwering of kierdichtheid te realiseren wordt bij deuren en ramen vaak dubbele kierdichting toegepast (zie afbeelding rechts). Het betreft hier veelal flexibele kunst-rubber strips die de vrije ruimte tussen een bewegend deel en het kozijn vullen. Bij een explosie bewegen deze delen vaak, vanwege hun flexibiliteit, mee met de invallende overdruk dan wel het vacuüm dat aansluitend kan ontstaan. De dubbele kierdichting kan hierdoor scheuren. Dit kan betekenen dat de afdichting voor schadelijke gassen (die wellicht bij de explosie zijn vrijgekomen) wordt verminderd. Dit nadelige effect is echter beperkt. De kier blijft veelal gevuld met het afdichtingsmateriaal waardoor vrije luchtinstroming niet vrij kan plaatsvinden.



Bij de lekkering van deuren hoort ook een zelfsluitende uitvoering door het toepassen van deurdrangers.

5.1 Luchtdichtheidsklasse

Ventilatie van woningen wordt in belangrijke mate veroorzaakt door drukverschil over de gevel ten gevolge van winddruk en thermische trek. Gemiddeld veroorzaakt wind een drukverschil van 0,003 kPa. In combinatie met thermische trek kan dat oplopen tot 0,005 kPa. De bescherming wordt geboden door het zoveel mogelijk vertragen van de luchttoetreding, waardoor eventuele schadelijke gassen ook vertraagd in een gebouw doordringen.

NEN 2687 kent 2 luchtdichtheidsklassen:

Klasse 1 geeft de minimale luchtdoorlatendheid. Daarmee wordt voorkomen dat bij verkeerd gebruik van de ventilatiesystemen (uitzetten) onvoldoende lucht binnenkomt. Tot 500 m³ van een ruimte is dat 30 dm³/s; erboven 50 dm³/s.

Klasse 2 is geldig voor gebouwen met een gebalanceerde ventilatie, die een hogere luchtdichtheid nodig heeft. In de publicatie "Luchtdicht bouwen" (SBR 2009) wordt een klasse 3 geïntroduceerd onder andere bedoeld voor passiefhuis (woningen met een zeer laag energieverbruik).

In NEN 3661 zijn nog eisen opgenomen voor naden en kieren in en rond kozijnen. Deze zijn 2,5 dm³/(s.m¹ kier) en 0,14 dm³/(s.m¹ naad) ongeacht de toetsingsdruk.

Luchtlekken

Door luchtlekken te herkennen, vallen hierop afgestemde maatregelen te treffen. Relatief grote luchtlekken in de praktijk zijn:

- Kierdichting ramen en deuren
- Aansluiting kozijnen/gevels
- Aansluitingen van daken op gevels en bouwmuren
- Aansluitingen met de begane grondvloer
- Daknokken
- Dakdoorvoeren
- Brievenbussen
- Hoekaansluitingen, onderlinge aansluitingen

Aandachtspunten (klasse 2)

- Goed knevelende 2- en 3-puntssluitingen
- Manchetten ter plaatse van dak- en geveldoorvoeren
- Nastelbaar hang- en sluitwerk
- Waar mogelijk luchtdichtingen prefabriceren

Aandachtspunten (klasse 3)

In aanvulling op klasse 2:

- Eenzijdig afgeschuinde haakschoten hang- en sluitwerk
- Waar mogelijk naden /kieren afplakken
- Dubbele luchtdichtingen in draaiende delen van kozijnen
- Natte beglazing bij houten kozijnen en kwaliteitseisen bij kunststof en aluminium kozijnen
- Kabeldoorvoeren, leidingdoorvoeren, prefab manchetten gebruiken, afplakken en bij elektriciteitsbuizen ook in de buis afkitten
- Overlappen en aansluitingen van dampremmende folie afplakken
- Geen doorbrekingen dampremmende folie
- Gerichte controle van luchtdichtingen en controlemetingen (opblaasproef, infrarood)

6 Tijdelijke vluchtruimte

In de bestemmingsplannen van de Rotterdamse haven is bij de aanvullende bouwtechnische eisen onder lid 4 (zie hoofdstuk 2) het volgende gesteld:

“indien niet aan 2 en 3 wordt voldaan, een tijdelijke vluchtruimte, waaronder wordt begrepen een in of direct naast het object gelegen afsluitbare ruimte van voldoende omvang om het maximaal aantal personen dat in het object aanwezig is gedurende een calamiteit voor een periode van minimaal 2¹⁰ uur een adequate verblijfplaats te bieden, welke ruimte gas- en luchtdicht is of op korte termijn op overdruk kan worden gebracht en gehouden”.

Deze alternatieve maatregel maakt dat niet een heel gebouw, maar een deel van het gebouw wordt ingericht als veilige tijdelijke vluchtruimte voor het benodigde aantal personen. Meestal betreft het een bestaande ruimte die vluchtruimte als neventaak heeft.

In de tijdelijke vluchtruimte kan gebruik worden gemaakt van lekwerendheid zoals beschreven in hoofdstuk 5 of een overdrukinstallatie worden toegepast zoals in de paragraaf hieronder. Daarnaast moet rekening gehouden worden met een drinkwatervoorziening en zo mogelijk een toiletgroep in de ruimte.

6.1 Overdrukinstallatie

Een overdrukinstallatie blaast schone lucht in een ruimte, nadat giftige gassen, dampen of rook is gesignaleerd. Hierdoor wordt de in de ruimte aanwezige lucht naar buiten gedrongen en wordt instromende (giftige) lucht geblokkeerd. Bij het ontwerpen van een overdrukinstallatie moet rekening worden gehouden met een aantal punten:

- De luchtinvoer naar de installatie moet van een veilige locatie komen, waar geen giftige gassen, dampen of rook kan komen. Als echter bij een calamiteit in de omgeving giftige stoffen zijn vrijgekomen, is de buitenlucht waarschijnlijk¹¹ ongeschikt om de veilige ruimte mee aan te vullen. Dit betekent dat er een noodvoorraad direct inadembare lucht aanwezig moet zijn. Dit betekent dat er een installatie concreet ontworpen moet worden, en waarbij de noodvoorraadlucht aanwezig is in een drukhouder¹².
- De luchttoevoer in de ruimte moet bij voorkeur recht tegenover de luchtlekpunten (kieren en naden en de hoofdingang).
- Om giftige gassen, dampen of rook te weren is een minimale overdruk van ca. 8 Pa nodig.
- Voorkomen moet worden dat door de wegstromende lucht uit de overdrukruimte, een gelijke overdruk ontstaat in de aangrenzende ruimten. In die situatie is immers geen sprake meer van overdrukverschil en kan een giftig gas alsnog in de overdrukruimte toetreden. Er moet daarom buiten de overdrukruimte een drukontlatingspad naar buiten, zodat het drukverschil met de tijdelijke vluchtruimte niet opgeheven wordt. Een drukontlatingspad kan uitgevoerd worden door natuurlijke openingen of mechanische afzuiging
-

¹⁰ Er zitten soms kleine verschillen in de voorwaarden die in de bestemmingsplannen zijn opgenomen. Wat betreft tijdelijke vluchtruimte wordt in het bestemmingsplan Maasvlakte 2 niet gesproken van ‘ minimaal 2 uur’ , maar van ‘enkele uren’. Geadviseerd wordt om altijd de specifieke planregels te bestuderen.

¹¹ Dit hangt af van de locatie van het incident en de meteorologische omstandigheden.

¹² Overdruk wordt soms toegepast om in een gebouw te beschermen tegen giftige stoffen, ziektekiemen die elders in een gebouw kunnen vrijkomen. Bij giftige stoffen die van buiten komen wordt in de meeste gevallen volstaan met het afsluiten van de ventilatie en andere openingen. Indien dit systeem wordt toegepast om binnen een gebouw overdruk te creëren tegen een buiten het gebouw aanwezige giftige stof, dan zal het gebouw hier apart op moeten worden ontworpen.

- De toegangsdeuren moeten zelfsluitend zijn. Hierbij dient rekening gehouden te worden met de krachten van de overdrukinstallatie in combinatie met de deurdranger. Zonder voorzieningen om de maximale overdruk in de ruimte te regelen bestaat het risico dat er teveel kracht nodig is om de deur te openen bij een calamiteit, met name voor kinderen en senioren. Het is belangrijk om bij het ontwerpen van een overdrukinstallatie rekening te houden met deze openingskracht.
- De draairichting van deuren is bij overdruk relevant. Het naar binnen openen zal zwaarder gaan vanwege de overdruk in de ruimte. Het openen van deuren heft de overdruk op. Om die reden moet de BHV-functionaris instructies geven over het openen van de deuren.

Een doelmatige overdrukinstallatie is ontworpen en aangelegd op basis van de daarvoor geldende normen. In Nederland zijn dit de EN 12101-6 en de NPR 6095-2.

Tenslotte vraagt de instandhouding van een veilige ruimte om instructies voor de gebouwbeheerder zodat dat de ruimte te allen tijde direct toegankelijk en bruikbaar is. De BHV dient de instructies te hebben afgestemd op het gebruik van de veilige ruimte en het gebruik van buitendeuren te bewaken, zodat deze zo kort mogelijk geopend zijn en dat er na sluiting weer direct voldoende overdruk wordt opgebouwd.

6.2 Prefab schuilvoorzieningen

Als binnen een gebouw geen schuilmogelijkheid tegen giftige stoffen is te realiseren of de afstand naar een vluchtvoorziening te groot is, zijn prefab schuilvoorzieningen een optie. In bijlage 4 is hieromtrent nadere informatie opgenomen. Bij de aanschaf van een dergelijke voorziening dient goed geverifieerd te worden tegen welke stoffen bescherming wordt geboden en hoelang de bescherming in stand blijft.



Bijlagen

- Bijlage 1: Rekenfactoren bij de reflectiefactor
- Bijlage 2: Voorbeelden ventilatie afschakelsystemen
- Bijlage 3: Checklist tijdelijke vluchtruimte
- Bijlage 4: Prefab-schuilvoorzieningen

Bijlage 1: Rekenfactoren bij gevelreflectie

Door een explosie in de nabijheid van een gebouw, wordt dat gebouw belast door de invallende explosiedruk golf én de gevelreflectie. De invallende explosiedruk golf geeft de luchtdruk op een bepaald punt, zonder dat de aanwezigheid van een gebouw wordt beschouwd. Een explosiedruk golf zal echter tegen obstakels zoals gebouw(gevels) reflecteren, waarbij de gereflecteerde druk golf zich in tegengestelde richting gaat voortbewegen. Het vlak waartegen de golf reflecteert, wordt belast met een hogere gereflecteerde overdruk dan de overdruk van de aankomende explosiedruk golf. De verhouding van de gereflecteerde en aankomende overdruk wordt de reflectiecoëfficiënt r_c genoemd. Informatie hierover en een rekenmethode is gegeven in de PGS 1 deel 2B.

De reflectiecoëfficiënt kan worden benaderd met de eenvoudige formule:

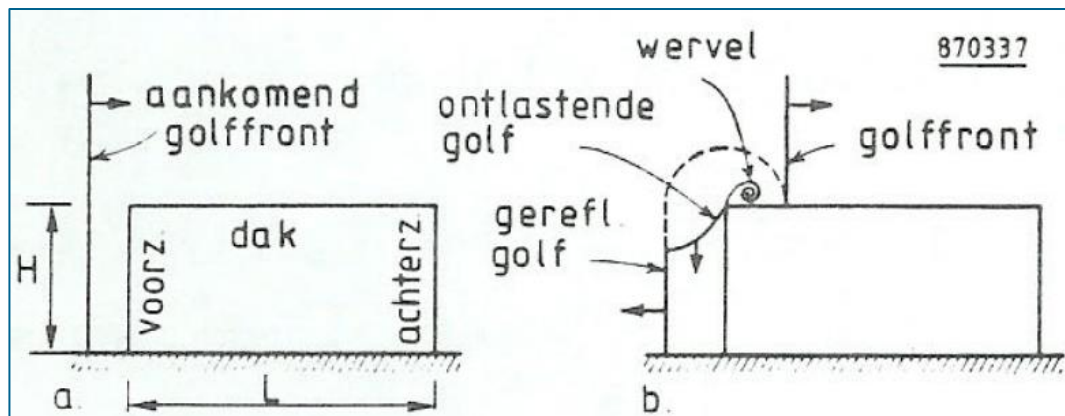
$$r_c = 2 + 0,0073 \cdot P_{so}$$

Met:

r_c reflectiecoëfficiënt [-]

P_{so} Invallende explosieoverdruk (*side-on overpressure*) in kPa

Voor lage explosieoverdrukken zal het gaan om een verdubbeling van de overdruk ($r_c \approx 2$). Hoe hoger de invallende overdruk, hoe hoger de reflectiefactor. Voor 10 kPa is de reflectiefactor r_c gelijk aan 2,1. Voor 65 kPa is de reflectiefactor r_c gelijk aan 2,5.



Figuur B.1: Twee tijdstappen van een invallende schokgolf op een gebouw die van links naar rechts over een gebouw heen stroomt: De linkertijdstap a. is van vlak voor de reflectie, de rechertijdstap b. is van vlak na de reflectie. De overdruk op de getroffen gevel is r_c maal zo hoog als de overdruk van de invallende schokgolf [bron: PGS1-2B].

Bijlage 2: Voorbeelden ventilatie afschakelsystemen

Er bestaan verschillende opties om een mechanisch ventilatiesysteem af te kunnen schakelen. De essentie is simpel: het kunnen onderbreken van de stroomtoevoer. In deze bijlage worden eenvoudige en meer complexe systemen beschreven. De keuze voor een systeem is hierbij afhankelijk van de aard van het gebouw en het gebruik. Om de systemen goed ten tijde te kunnen gebruiken, is een goede toegankelijkheid essentieel.

Optie 1:

De stekker van de ventilatorbox uit het stopcontact trekken (individuele systemen)

Een mechanische ventilatorbox is eenvoudig uit te schakelen door de stekker uit het stopcontact te trekken. Het komt echter soms voor dat de box en/of de stekker moeilijk bereikbaar zijn of dat men niet precies weet waar de box zich in het object bevindt. Daarnaast kunnen mensen angstig zijn om de stekker van een installatie uit het stopcontact te trekken. Derhalve kan niet gegarandeerd worden dat in geval van calamiteit de ventilatie van het object wordt uitgeschakeld.



Prijsklasse

€

Voordelen

- Geen kosten
- Toepasbaar bij zowel standaard gearde stekker als bij perilex aansluiting

Nadelen

- Locatie van de ventilatorbox niet altijd bekend;
- Ventilatorbox (of stekker) soms moeilijk bereikbaar;
- Angst om de stekker van een installatieonderdeel uit het stopcontact te trekken;
- Niet toepasbaar bij grotere (collectieve) systemen;
- Handmatige uitschakeling door bewoner / gebruiker object.

Optie 2:

Stekkerdoos schakelaar, draadloos bediend (individueel systeem met gearde stekker)

De elektrische voeding van een mechanische ventilator met een standaard gearde stekker is door middel van een schakelaar eenvoudig uit te schakelen. Door middel van een zogeheten stekkerdoos schakelaar, die draadloos bedienbaar is, kan de ventilatorbox spanningsloos worden gemaakt. De stekkerdoos schakelaar wordt in het stopcontact geplugd. Vervolgens wordt de stekker van de ventilatorbox in de stekkerdoos schakelaar aangebracht. De stekkerdoos schakelaar is op afstand bedienbaar door middel van een afstandsbediening of een draadloze schakelaar. Een stekkerdoos schakelaar is verkrijgbaar tot een vermogen van 3500 Watt. Dit is voldoende is voor een



(woonhuis)ventilatorbox. De wandchakelaar heeft een binnenshuis bereik van ongeveer 30 meter.

Prijsklasse

€

Voordelen

- Relatief lage kosten;
- Laagdrempelig om de ventilatie uit te schakelen;
- Succesvolle uitschakeling van het ventilatiesysteem is vrijwel gegarandeerd;
- Draadloze schakelaar op een locatie naar keuze aan te brengen (binnen 30 meter bereik);

Nadelen

- De draadloze schakelaar werkt op batterijen welke periodiek vervangen moeten worden*;
- Het schakelsysteem is door de gebruiker/bewoner zelf te verwijderen en te gebruiken voor andere doeleinden;
- Niet toepasbaar bij ventilatorboxen met een perilex aansluiting;
- Handmatige uitschakeling door bewoner / gebruiker object

* Een dergelijk systeem is tevens uitvoerbaar met een bedrade schakelaar. Dit heeft beperkingen tot gevolg voor de uitvoeringsmogelijkheden.

Optie 3:

Mini schakelaar inbouw, draadloos bediend (voor individuele systemen met perilex stekker)

De elektrische voeding van een mechanische ventilator met een perilex stekker is minder eenvoudig uit te schakelen dan een ventilator met standaard geaarde stekker.

Een ventilator met perilex stekker is met een standenschakelaar, welke meestal in de keuken is geplaatst, voorzien van meerdere voedingsaansluitingen. Deze is daarom niet zomaar bij het stopcontact spanningsloos te maken. De fasedraad welke de drie-standen-schakelaar van stroom voorziet moet daarom voor de schakelaar worden voorzien van een schakeling om de ventilatorbox spanningsloos te maken. Door middel van een draadloze mini inbouwschakelaar kan de fasedraad worden geschakeld. Meestal is de fasedraad opgenomen in een inbouwdoos in het plafond van de keuken, hier dient de draadloze schakelaar te worden aangebracht. Per object moet door de installateur een geschikte inbouwdoos worden geselecteerd.

De mini inbouwschakelaar is op afstand bedienbaar door middel van een afstandsbediening of een draadloze schakelaar. Het verdient de voorkeur om een draadloze schakelaar toe te passen welke aan de muur bevestigd wordt, een afstandsbediening raakt namelijk makkelijk zoek. Een stekkerdoos schakelaar is verkrijgbaar tot een vermogen van 3500 Watt hetgeen ruim voldoende is voor een (woonhuis)ventilatorbox. De wandchakelaar heeft een binnenshuis bereik van zo'n 30 meter waardoor er altijd een geschikte plek voor de schakelaar te vinden is.



Prijsklasse

€

Voordelen

- Relatief lage kosten;
- Laagdrempelig om de ventilatie uit te schakelen;
- Succesvolle uitschakeling van het ventilatiesysteem is vrijwel gegarandeerd;
- Draadloze schakelaar op een locatie naar keuze aan te brengen (binnen 30 meter bereik);

Nadelen

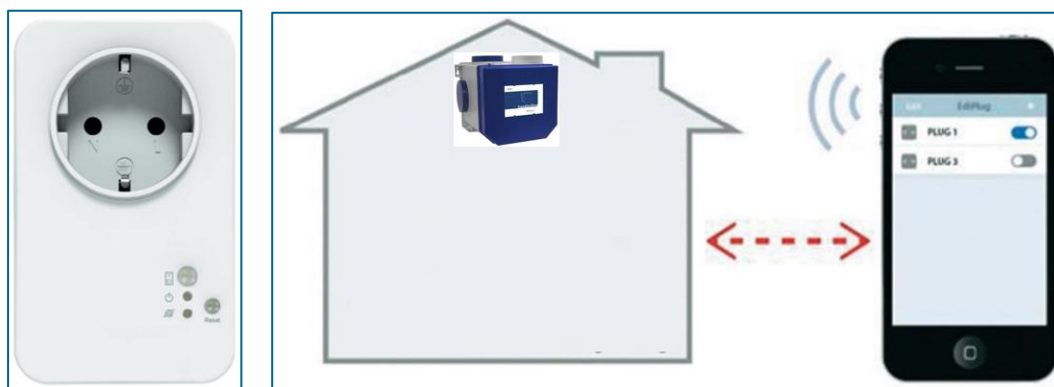
- De draadloze schakelaar werkt op batterijen welke periodiek vervangen moeten worden;
- Handmatige uitschakeling door bewoner / gebruiker object.

Optie 4:

Stekkerdoos schakelaar (draadloos) / Mini schakelaar inbouw (draadloos) te bedienen met smartphone (voor individuele systemen)

De elektrische voeding van een mechanische ventilator is door middel van een schakelaar eenvoudig uit te schakelen. Een zogeheten stekkerdoos schakelaar voor systemen met een standaard geaarde stekker of een mini inbouw schakelaar voor systemen met een perilex stekker kunnen worden bediend door middel van een smartphone.

De stekkerdoos schakelaar of mini inbouw schakelaar dient verbinding te hebben met een WiFi verbinding in het object. Vervolgens kan de schakelaar in- en uitgeschakeld worden door middel van een applicatie op een smartphone (android of iOS) vanaf iedere internetverbinding, dus ook buiten het eigen WiFi netwerk.



Prijsklasse

€

Voordelen

- Relatief lage kosten;
- Laagdrempelig om de ventilatie uit te schakelen;
- Succesvolle uitschakeling van het ventilatiesysteem is vrijwel gegarandeerd;
- Ventilatie kan op afstand worden uitgeschakeld zolang de betreffende smartphone verbinding heeft met het internet.

Nadelen

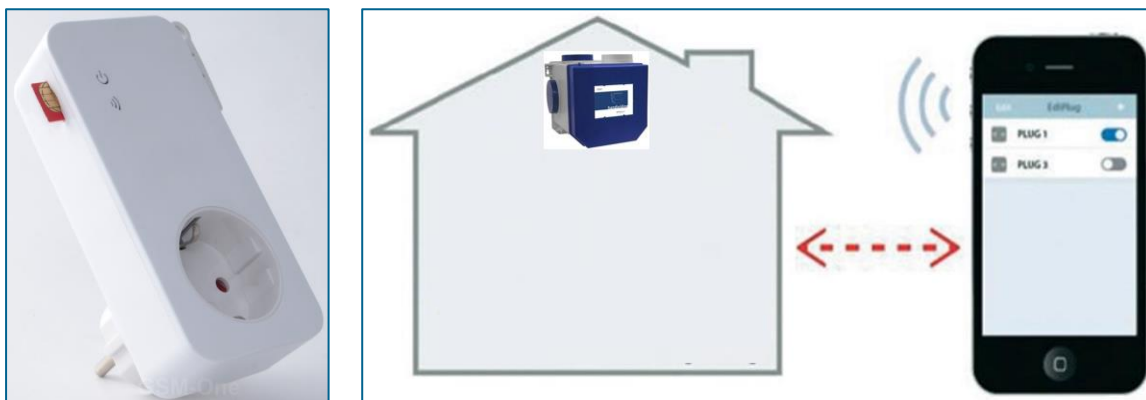
- Smartphone met internetverbinding vereist voor de bediening;
- Internet (WiFi) vereist binnen het object voor communicatie met de schakelaar;
- De schakelaar dient geïnstalleerd te worden op de WiFi verbinding. Herinstallatie is noodzakelijk wanneer een andere modem in het object wordt toegepast.
- Handmatige uitschakeling door bewoner / gebruiker van het object.

Optie 5:

Stekkerdoos schakelaar, draadloos bediend met SMS (voor individuele systemen met standaard gearde stekker)

Stekkerdoos schakelaar, draadloos bediend met SMS

De elektrische voeding van een mechanische ventilator met een standaard gearde stekker is eenvoudig uit te schakelen met een stekkerdoos schakelaar. Een SIM-kaart bediende stekkerdoos schakelaar kan door het sturen van een SMS in- en uitgeschakeld worden. De SIM-kaart van de stekkerdoos dient voldoende GSM ontvangst te hebben voor een goede werking. Wanneer de sim-kaart gegevens worden gebundeld is het tevens mogelijk om een reeks stekkerdozen gelijktijdig uit te schakelen met een enkel SMS bericht.



Prijsklasse

€

Voordelen

- Relatief lage kosten;
- Laagdrempelig om de ventilatie uit te schakelen dmv een SMS;
- Mogelijk is de SMS door de veiligheidsregio te versturen naar een reeks schakelaars;
- Succesvolle uitschakeling van het ventilatiesysteem is vrijwel gegarandeerd;
- Ventilatie kan op afstand worden uitgeschakeld met een GSM.

Nadelen

- GSM signaal vereist voor de bediening;
- Niet geschikt voor grote (collectieve) systemen;
- Niet geschikt voor ventilatoren met perilex aansluiting;
- Handmatige uitschakeling door bewoner / gebruiker van het object en de veiligheidsregio.

Optie 6:

Automatische schakeling op basis van detectie (voor individuele / collectieve systemen)

De elektrische voeding van een mechanische ventilator kan automatisch uitgeschakeld worden op basis van detectie. Er zijn diverse detectoren verkrijgbaar welke bijvoorbeeld de concentraties brandbaar- en giftig gas en zuurstof meten. Het nadeel van detectoren is dat deze slechts een selectie stoffen registreren, dit is afhankelijk van de toegepaste sensoren. Gevaarlijke stoffen waarvoor geen sensoren aanwezig zijn worden derhalve niet opgemerkt. Er zal vastgesteld moeten worden op welke stoffen moet worden gedetecteerd, een specifieke selectie is hierbij noodzakelijk en kan in dit stadium niet worden gemaakt.



De sensoren dienen met regelmaat vervangen te worden, dit varieert van 2-5 jaar (afhankelijk van het type sensor). Een dergelijk detectiesysteem heeft het grootste effect bij een balansventilatiesysteem waarbij de detector aan de inlaatzijde van ventilatielucht wordt aangebracht. Alleen in dit geval kan de detectie vroegtijdig plaatsvinden namelijk bij toetreding van gevaarlijke stoffen. Wanneer een detector in het afvoerkanaal wordt aangebracht zal deze de binnenluchtkwaliteit meten. Wanneer er dan gevaarlijke stoffen worden gedetecteerd betekent dit dat het gehele object reeds is verzadigd en de detectie en uitschakeling van de ventilatie te laat is. Tevens is het noodzakelijk om naast de detector een voorziening aan te brengen waarmee de ventilatie handmatig uit te schakelen is indien een gevaarlijke stof niet wordt gedetecteerd.

Nader onderzoek naar de wijze van het spanningsloos maken van de mechanische ventilator is vereist.

Prijsklasse

€€

Voordelen

- Vroegtijdige detectie en uitschakeling ventilatie;
- Automatische uitschakeling van de mechanische ventilatie;
- Gegarandeerd succesvolle uitschakeling van het ventilatiesysteem bij detectie.

Nadelen

- Hoge installatie- en onderhoudskosten;
- Sensoren moeten eens per 2 tot 5 jaar worden vervangen (afhankelijk van type sensor);
Niet alle gevaarlijke stoffen worden gemeten, hiervoor is een selectie van stoffen noodzakelijk.

Optie 7:

Handmatige schakeling door de meldkamer (BOA-V) voor individuele / collectieve systemen

De veiligheidsregio's van Rotterdam-Rijnmond en Zuid-Holland Zuid hebben in samenwerking met RAM mobile data een systeem ontwikkeld waarmee de meldkamer met één druk op de knop ventilatiesystemen uit kunnen schakelen. Dit systeem heet Bediening op Afstand – Ventilatie (BOA-V). BOA-V is geïntegreerd in de werkschermen van de meldkamer. Op het moment dat er een incident wordt gemeld, tekent de centralist op de GIS-kaart een risicogebied af. De software vraagt dan "Wilt u de onderliggende ventilatiesystemen uitschakelen?". Als de centralist "Ja" aanvinkt, worden de systemen uitgeschakeld. De software voor het schakelen van de ventilatie

zit verwerkt in de software die de meldkamer dagelijks gebruikt zodat de centralist bekend is met het systeem en fouten en verwarring worden voorkomen.

Het uitschakelen gaat via het Mobitex-netwerk. Dit netwerk is bij incidenten betrouwbaarder dan consumentennetwerken. Ieder object moet worden voorzien van een communicatie kast welke de verbinding vormt tussen het ventilatiesysteem van het object en de GIS-kaart van de meldkamer.

Prijsklasse

€€€

Voordelen

- Vroegtijdige uitschakeling van de ventilatie door de meldkamer;
- Uitschakeling door de bewoner/gebruiker is mogelijk;
- Het bedreigde gebied wordt in één handeling uitgeschakeld;
- Succesvolle uitschakeling van het ventilatiesysteem is vrijwel gegarandeerd door een betrouwbaar netwerk.

Nadelen

- Relatief hoge kosten per object (communicatie-kast en installatie);
- Maandelijkse terugkerende servicekosten per object;
- Bijkomende kosten voor de inrichting van de software van de meldkamer.

Optie 8:

Handmatige schakeling van grote (collectieve) ventilatiesystemen

Grote luchtbehandelingskasten zijn meestal in een afgesloten installatieruimte of op het dak geplaatst. Dergelijke luchtbehandelingsystemen zijn dus niet eenvoudig uit te schakelen door de bewoner/gebruiker van het object. Doorgaans heeft alleen een gebouwbeheerder of een medewerker van de technische dienst toegang tot de installaties.

Aan de buitenzijde van een stookruimte is altijd een brandschakelaar aangebracht waarmee gasgestookte installaties van buiten de ruimte uitgeschakeld kunnen worden.

Een luchtbehandelingsinstallatie kan tevens van een brandschakelaar worden voorzien zodat deze in het geval van calamiteit spanningsloos gemaakt worden zonder de ruimte te hoeven betreden. De locatie en aanduiding van de schakelaar zal per situatie moeten worden bepaald.



Prijsklasse

€€

Voordelen

- Luchtbehandeling kan door iedereen van buiten de installatieruimte worden uitgeschakeld door bediening van de schakelaar;
- Succesvolle uitschakeling van het ventilatiesysteem is gegarandeerd;
- De brandschakelaar dient bedraad te worden uitgevoerd. Aanpassingen aan de voeding van de LBK noodzakelijk.

Nadelen

- Handmatige uitschakeling door bewoner / gebruiker / beheerder object. Men dient op de hoogte te zijn van de aanwezigheid en bediening van de schakelaar bij calamiteiten.

Optie 9:
Handmatige schakeling van grote (collectieve) ventilatiesystemen op afstand GBS

Luchtbehandelingskasten zijn meestal in een afgesloten installatieruimte of op het dak geplaatst. Dergelijke luchtbehandelingssystemen zijn dus niet eenvoudig uit te schakelen door de bewoner/gebruiker van het object. Sommige luchtbehandelingssystemen zijn voorzien van een gebouwbeheersysteem (GBS). GBS wordt gebruikt om softwarematig alle installaties in het gebouw centraal aan te kunnen sturen. Met een GBS kunnen installaties op afstand in- en uitgeschakeld worden.



In het geval van calamiteit kan een luchtbehandelingsinstallatie, welke aangesloten is op een GBS, op afstand worden uitgeschakeld door de gebouwbeheerder / technische dienst . installateur. Hiervoor is enkel een organisatorische instructie nodig. "In het geval van calamiteiten sluit ramen en deuren en schakel de ventilatievoorziening uit".

Prijsklasse

€ (installatie is reeds voorzien van GBS systeem)

Voordelen

- Luchtbehandeling kan door de gebouwbeheerder / technische dienst / installateur op afstand worden uitgeschakeld;
- Succesvolle uitschakeling van het ventilatiesysteem is gegarandeerd.

Nadelen

- Uitschakeling kan enkel door middel van GBS door de gebouwbeheerder / technische dienst / installateur.
- Handmatige uitschakeling door bewoner / gebruiker / beheerder object. Men dient op de hoogte te zijn van de aanwezigheid en bediening van de schakelaar bij calamiteiten.

Bijlage 3: Checklist tijdelijke vluchtruimte

Vraag	Ja	Nee	nvt	Opmerking
1. Zijn de deuren en ramen goed sluitend met adequate gaswering?				
2. Zijn de toegangsdeuren zelfsluitend uitgevoerd?				
3. Zijn de panelen en de beglazing in deuren en ramen gemonteerd met dichtingskit ?				
4. Zijn deuren en ramen bestand tegen de overdruk afkomstig van het vrijkomen van een op druk staand giftig gas?				
5. Zijn alle kabeldoorvoeren afgevoegd?				
6. Zijn alle gas-, water- en elektriciteitsgoten en kelders afgevoegd?				
7. Zijn alle muurvoegen intact? Met name rondom lateien of afwerkstukken in een muur)				
8. Zijn verbindingen tussen wandprofielen / tussenmuren en plafond afgekit of voorzien van dichtingsprofielen?				
9. Is er in de ruimte een noodvoorziening voor communicatie naar een alarmdienst?				
10. Is een eventuele tijdelijke vluchtruimte van buiten duidelijk gemarkeerd? Is er een duidelijke lokatieaanduiding op plattegrond voor personeel en bezoekers ?				
12. Is het aantal en de afmeting van ramen geminimaliseerd? (Als de ruimte zich dicht op de gevarenbron bevindt. Bij voorkeur uitgevoerd als vaste, niet openende ramen)				
13. Wordt gasintrede door muur/plafond-doorvoeren voldoende geweerd? (Dakranden moeten sluitend zijn uitgevoerd)				
14. Is het aantal gas-, water- en elektriciteitsgoten, leidingdoorvoeren en on derruimten geminimaliseerd?				
15. Zijn het aantal openingen tussen de verdiepingsvloer en de zolderruimte of plenum geminimaliseerd?				
16. Is de vluchtruimte op tijd te bereiken gezien het type incident dat zich kan voordoen?				

Bijlage 4: Prefab schuilvoorzieningen

Voorbeelden van opvouwbare safe zones zijn onder meer te vinden bij:

- Uit de mijnbouw: [Inflatable Refuge Chamber: Portable Fresh Air Bay | Strata Worldwide](#)
- Een tent: [INDOOR NBC PROTECTIVE TENT CBRNE SOLUTION](#)
- In een "kast": [expandable shelter chambers \(beind.com\)](#)
- [Expandable Cabinet Shelter \(auroraprotection.us\)](#)

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.nl

www.anteagroup.nl

Copyright © 2020

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