

De papieren veiligheid van CO₂-opslag

Slapen met de ramen dicht

De ondergrondse opslag van CO₂ in lege gasvelden komt dichterbij. In Barendrecht, vlak naast een woonwijk, gaat vanaf 2011 ieder jaar 300.000 ton de grond in. Er is veel aandacht voor het vermeende gevaar dat deze reservoirs in de verre toekomst gaan lekken. Maar zorgen over de aanvoerleiding zijn meer op hun plaats.

GROOTSCHALIGE OPSLAG VAN CO₂ diep in de grond moet het broeikas-effect gaan terugdringen. Er zijn al innovatieve onderzoekers die dromen van Nederland als 'omgekeerd Opec-land'. Tientallen kleine gas- en olievelden in Nederland en het Nederlandse deel van de Noordzee zijn immers al leeg of bijna leeg, en tegen 2040 raakt ook de ooit gigantische gasbel bij Slochteren uitgeput. Dan zouden we opnieuw aan onze bodemschatten kunnen verdienen door de CO₂-uitstoot van half West-Europa erin terug te pompen. Een oriënterend onderzoek over CO₂-opslag – het

zogenoemde 'Amesco'-rapport uit 2007 – schat de totale opslagcapaciteit in de Nederlandse bodem op 1700 miljoen ton in 2020, waar nog eens 7350 miljoen ton bij komt als ook Slochteren leeg raakt. Ondergrondse opslag van CO₂ is in elk geval filosofisch aantrekkelijk: je stopt de fossiele koolstof na bewezen diensten gewoon terug op de plek van herkomst. Nederland stoot jaarlijks ongeveer 200 miljoen ton CO₂ uit. Een flink deel daarvan belandt in de atmosfeer via uitlaatpijpen van auto's en de afvoer van de HR-ketel bij u thuis. Het verzamelen en terug in de grond stoppen van dit deel van de CO₂-stroom is echter niet realistisch. Afvangen is alleen haalbaar bij grote bronnen, zoals raffinaderijen en elektriciteitscentrales. Die zijn samen goed voor zo'n 60 miljoen ton per jaar. Samengeperst tot een druk die typerend is voor lege gasvelden, zou dat erop neerkomen dat jaarlijks ongeveer de inhoud van de Oosterschelde de Nederlandse bodem in gaat. Dit is weliswaar het theoretische maximum, maar het geeft wel een idee om welke duizelingwekkende hoeveelheden het gaat. ▶

Mede daarom heeft ook het voorgenomen demonstratieproject in Barendrecht al een flinke omvang. Onder de rook van Rotterdam liggen hier twee kleine gasvelden, Barendrecht en Barendrecht-Ziedewij, die bijna zijn uitgeput. 'Barendrecht' raakt het eerst leeg, in 2011, en zodra dat gebeurt, wordt volgens plan de bestaande boorput omgebouwd om tot 2014 ieder jaar 300.000 ton CO₂ te injecteren. Dat CO₂ komt van de Shell-raffinaderij in Pernis, achttien kilometer naar het noordwesten. In 2015 is Barendrecht-Ziedewij aan de beurt: daar zal men 25 jaar lang CO₂ injecteren in de bodem. De verplichte Milieu Effect Rapportage (MER) voor dit project is onlangs openbaar gemaakt, en half februari werd in Barendrecht een informatieavond gehouden. Honderden bewoners van de nabijgelegen nieuwbouwwijk Carnisselande kwamen opdagen. Die betoonden zich, het was te verwachten, verontrust. Voor de tv-camera's lijkt de angst zich vooral te richten op het ondergrondse reservoir, dat zich inderdaad tot onder de woonwijk uitstrekt, maar wel op 1700 meter diepte. Het mocht eens lek raken!

Cement Er is echter geen scenario bekend hoe CO₂ uit een eenmaal afgesloten reservoir kan ontsnappen. Het reservoir zelf heeft bewezen miljoenen jaren lang lekvrij te zijn, anders zouden we er nu geen aardgas uit kunnen winnen. CO₂ verschilt chemisch weliswaar sterk van aardgas (dat vooral bestaat uit methaan, CH₄), maar veel gas- en olievelden bevatten van nature ook al flinke percentages CO₂ onder hoge druk. Zulke reservoirs zijn dus ook voor CO₂ gasdicht.

Als het reservoir is gevuld is met CO₂, wordt de injectieput bovendien over een lengte van honderden meters volgestort met cement.

Door de combinatie van CO₂ en vocht ontstaat koolzuur, dat cement kan aantasten, maar het duurt tienduizenden jaren eer dit proces door tientallen meters cement heen vreet. Dan is allang de volgende ijstijd begonnen en geldt: hoe meer CO₂ in de atmosfeer, des te beter.

Waarmee niet is gezegd dat de opslag volledig veilig is. Maar belangrijkste de risico's van CO₂-opslag liggen bovengronds, in de injectiefase. En de te duchten gevaren zijn niet natuurlijke lekken, maar menselijke fouten of moedwillige sabotage.

Achtertuint Waarom mogen de Barendrechters als eerste luidkeels 'niet in mijn achtertuin!' roepen? In de optiek van het 'Barendrecht-consortium' (bestaand uit het leidingenconcern V&SH, aardgasleverancier Linde Gas, en de Nederlandse Aardolie Maatschappij NAM) vormt Barendrecht de ideale proeftuin. Het gasveld raakt binnenkort leeg en is zo klein dat het al in 2014 gevuld zal zijn met 1,4 miljoen ton CO₂ ('vol' houdt in dat de druk is gestegen tot 95 procent van de gasdruk toen het veld werd aangeboord). Dan wordt de injectieput afgesloten en deels volgestort met beton, en kan voor het eerst een CO₂-reservoir in de eindtoestand jarenlang worden gemonitord. Het afvangen van CO₂ voor dit project kost bovendien niets extra, omdat de raffinaderij in Pernis al sinds jaar en dag voldoende CO₂ produceert die zeer zuiver en droog is, zodat roesten van de leidingen en de boorput geen probleem zal vormen. Het feit dat de injectieput slechts driehonderd meter van een woonwijk ligt, net zo dicht bij het parkeerterrein van een Ikea-vestiging en nauwelijks tweehonderd meter van de drukke verkeersader de A29, lijkt in de afweging een minder grote rol te hebben ge-

speeld. Waarom ook, zou je kunnen denken. Op precies dezelfde plek komt nu immers al aardgas uit de grond, dat ook via een pijpleiding onder hoge druk wordt afgevoerd.

De belanghebbenden stellen bovendien graag dat CO₂ een volslagen onschadelijk, inert gas is. Inderdaad, het zit van nature in lucht (0,036 procent) en we ademen het zelf uit (3,5 procent). Of neem de opstijgende belletjes in frisdrank: die bestaan uit bijna puur CO₂. De raffinaderij in Pernis levert nu al jaarlijks 150.000 ton CO₂ aan de frisdrankindustrie, voor die belletjes. Planten hebben het gas nodig voor hun groei, dus levert deze raffinaderij jaarlijks ook 350.000 ton CO₂ aan de kassen in het Westland. Toch doet dat allemaal niet ter zake. De giftigheid van elke stof is afhankelijk van de dosis. Alle partijen zijn het erover eens dat wie lucht inademt met meer dan 10 volumeprocent CO₂, binnen enkele minuten bewusteloos raakt en na een half uur overlijdt als hij geen frisse lucht krijgt. Het probleem is niet verstikking, zoals nogal eens wordt beweerd, want de lucht bevat dan nog steeds 18 procent zuurstof. CO₂ kan echter wel de ademhaling verstoren, met

kortademigheid, hoofdpijn, bewusteloosheid en na lange blootstelling en in het ergste geval zelfs de dood als gevolg.

De acceptabele grens voor een hele werkdag blootstelling ligt volgens de Amerikaanse Environmental Protection Agency (EPA) bij 1,5 procent CO₂, voor 20 minuten ligt het bij 3 procent, terwijl hoofdpijn, duizeligheid en kortademigheid bij een CO₂-concentratie van 4 procent al na minuten opkomen.

Problemeigenaar Maar waar ligt de grens voor ernstige schade of zelfs overlijden? In Nederland is bij het RIVM het Centrum voor Externe Veiligheid (RIVM/CEV) de officiële 'problemeigenaar' voor dergelijke kwesties, maar ook de afdeling Industriële en Externe Veiligheid van TNO doet op dit gebied onderzoek. Joris Koornneef is promovendus bij de Universiteit Utrecht en werkt weer nauw samen met TNO Industriële Veiligheid. In een literatuurstudie concludeerde hij vorig jaar dat de diepere oorzaak van het probleem is dat CO₂-pijpleidingen onvoldoende zijn onderzocht, wat grote invloed kan hebben op de risicoschattingen. Sommige onderzoekers vinden ►

CO₂ ondergronds

'Barendrecht' zal de eerste grote CO₂-opslag in de Lage Landen zijn. Elders is dit echter al bijna routine. Veel olie- en gasvelden bevatten namelijk aanzienlijke percentages CO₂. Producenten moeten deze verontreiniging hoe dan ook uit het gas halen, en lozen die gewoonlijk in de atmosfeer. Door het CO₂ meteen terug te pompen, wordt veel uitstoot vermeden. Enkele grote projecten:

Sleipner West, Noordzee

Op het productieplatform van het gasveld Sleipner West, in de Noordzee halverwege Groot-Brittannië en Noorwegen, wordt het CO₂ van het aardgas gescheiden en in een 1000 meter diepe aquifer (een afgesloten, waterhoudende gesteentelaag) gepompt. Het project is voor producent Statoil kostendekkend, omdat de Noorse regering belasting heft op iedere ton geloosd CO₂. Vermeden uitstoot: jaarlijks 1 miljoen ton CO₂, vanaf 2000.

In Salah, Algerije

BP exploiteert hier diverse aardgasvelden in de woestijn, en pompt CO₂ terug, zowel uit milieu-overwegingen als om de productie te optimaliseren. Vermeden uitstoot: jaarlijks 1 miljoen ton CO₂, vanaf 2004.

K12b, Noordzee

Op dit productieplatform in het Nederlandse deel van de Noordzee loopt een pilot-project om CO₂ uit gewonnen gas meteen terug te injecteren. De bedoeling is om het project op te schalen naar honderdduizenden tonnen per jaar. Vermeden uitstoot: jaarlijks enkele tienduizenden tonnen.

• Barendrecht, ingeklemd tussen dijken. Van links naar rechts: dijkje langs de Kilweg (achter de boom), hoogbouw in de wijk Carnisselande, installaties voor gaswinning (blauw) waar later de injectieput komt, vestiging van de Ikea, A29 op talud.



Pas op, CO₂

Berkel en Rodenrijs, december 2008

Uitgerekend op de dag van de Barendrechtse informatieavond over de CO₂-opslag, 18 februari, wordt bekend dat CO₂ in december 2008 in Berkel en Rodenrijs een aantal slapende eenden het leven heeft gekost. Een onopgemerkt lek in een kleine leiding blijkt een laaggelegen sloot te hebben gevuld met CO₂. Een Shell-woordvoerder haast zich te verklaren dat de situatie niet is te vergelijken met die in Barendrecht. Inderdaad waren dit lek en de uitgestroomde hoeveelheid CO₂ veel kleiner dan voorzien in de faalscenario's van Barendrecht.

Munchengladbach, 16 augustus 2008

Een binnenbrandje in een verffabriek dreigt uit te lopen op een ramp, doordat de automatische CO₂-blusinstallatie in werking treedt. Het brandje is snel geblust, maar de blusinstallatie blijft aan staan en het vrijkomende CO₂ stroomt weg uit de fabriek. Door het windstille weer raakt het gas niet verdund met lucht, maar stroomt het de aanpalende woonwijk in. Mensen op straat beginnen om te vallen, zelfs auto's willen niet meer rijden. Tot de eerste slachtoffers behoren brandweerlieden die nietsvermoedend uit hun stilgevallen ladderwagens stappen.

Zodra men beseft wat er aan de hand is, wordt bewoners via radio en tv geadviseerd naar binnen te gaan, ramen en deuren te sluiten en zo mogelijk een hogere verdieping op te zoeken. Men laat twee helikopters laag over de wijk cirkelen in een poging frisse lucht toe te voeren. Ruim honderd mensen hebben klachten, 16 belanden in het ziekenhuis, 4 moeten gereanimeerd worden.

Shanghai, 23 mei 2008

In een Panamees schip dat ligt afgemeerd in een haven raakt een CO₂-leiding lek. Het gas hoopt zich op in de romp van het schip en de bemanning raakt bewusteloos. Uiteindelijk kost het incident aan drie matrozen het leven. Dertien bemanningsleden worden opgenomen in het ziekenhuis.

Kameroen, 21 augustus 1986

Het Nyosmeer ligt op de flank van een vulkaan. Het diepere water is er verzadigd met opgelost CO₂ uit de ondergrond. Mogelijk na een aardverschuiving welt diep water op en komt door de afgenomen druk plotseling 1,6 miljoen ton (bijna een kubieke kilometer) CO₂ vrij. Een gaswolk van enige tientallen meters dik rolt langs de bergwand naar beneden en verstikt in de uren daarna ruim 1700 mensen en 3500 stuks vee tot op 23 kilometer afstand. Bij een vergelijkbaar incident, twee jaar eerder bij het verderop gelegen meer van Monoun in Kameroen, vielen 37 slachtoffers.



• Dood vee bij het Nyosmeer, augustus 1986

CO₂-pijpleidingen dichtbij bevolkingscentra gevaarlijker dan pijpleidingen voor gas of olie. De modellen voor uitstoot en verspreiding van CO₂ uit een defecte pijpleiding zijn niet-gevalideerd (dat wil zeggen: niet met experimenten getoetst) en voor blootstelling aan CO₂ bestaat geen algemeen aanvaarde dosis-effect relatie. Koornneef: "Het omslagpunt tussen een schadelijke en een niet-schadelijke concentratie ligt nogal scherp, maar waar het precies ligt, daarover is nog steeds discussie."

Afsluiter Het effect van schadelijke stoffen kan worden weergegeven als een zogenaamde 'probitrelatie', een grafiek die het verband geeft tussen de concentratie van het gas en de sterfkans, bij een blootstelling van gedurende bijvoorbeeld een halfuur. In Nederland is het aan het RIVM om zo'n probitrelatie vast te stellen, maar voor CO₂ zal dat op zijn vroegst in april gebeuren, na het verstijken van de termijn dat de MER ter inzage ligt voor commentaar. Het ontbreken van de probitrelatie levert al meteen een probleem op bij het MER-verplichte berekenen van de risico's voor omwonenden – de zogeheten *quantitative risk assessment* (QRA). Voor zo'n QRA worden diverse faalscenario's met een computermodel doorgerekend. De simulatie voorspelt hoe hoog de concentratie CO₂ in de omgeving wordt als, bijvoorbeeld, de afsluiter van de injectieput eruit vliegt. Maar zonder probitrelatie kun je de CO₂-concentraties niet omrekenen naar een sterftekans op diverse afstanden van de injectieput. Toch moet voor de vergunning worden 'bewezen' dat geen van de omwonenden een sterftekans heeft van meer dan 1 op 1 miljoen per jaar als gevolg van de CO₂-opslag. Ingenieursbureau Tebodin, die voor het Barendrecht-consortium de risico's doorrekende, heeft daarom maar een eigen probitrelatie gekozen. Deze is grotendeels voorzichtiger dan twee geloofwaardige alternatieven, behalve voor concentraties CO₂ van 5 procent of lager. Dan neemt de Tebodin-probit juist minder sterfgevallen aan

dan op basis van proeven met ratten wordt verwacht (zie grafiek, 'Hoe gevaarlijk is CO₂?', pag. 30). Dat is geen onbetekenend verschil, omdat de simulaties aangeven dat concentraties van enkele procenten CO₂ bij een calamiteit tot op honderden meters rondom de injectieput kunnen optreden. In de simulaties van Tebodin reikt het gebied waarin de gasconcentratie boven de 5 procent komt tot hoogstens enkele tientallen meters buiten het terrein rond de injectieput. De vergunning staat of valt met het feit dat deze 5 procent-contour de woonwijk niet bereikt.

De simulaties zelf voert men uit met een door het RIVM/CEV beheerd, voor alle QRA's verplicht softwarepakket genaamd 'Safeti-nl'. Daar komen echter drie principiële beperkingen van de QRA aan het licht. Ten eerste: Safeti-nl werkt niet bij windsnelheden beneden windkracht 2 (1,5 m/s). Ten tweede: het houdt geen rekening met het reliëf van de omgeving. En ten derde: risico's worden alleen op één meter boven het maaiveld berekend. De QRA voldoet hiermee wel aan de wettelijke voorschriften, maar of de burger nu ook echt rustig kan slapen, is zeer de vraag.

Kuilen Gasvormig CO₂ is namelijk zwaarder dan lucht, waardoor het zich onder bepaalde omstandigheden eerder gedraagt als

een vloeistof dan als een gas. Juist als het windstil is – en dat is het 2 procent van de tijd – mengt het nauwelijks spontaan met lucht en vult het laaggelegen ruimtes of kuilen in het landschap op. In zo'n geval kan het reukloze en onzichtbare gas een sluipmoordenaar zijn. Het helpt dan bepaald niet mee dat de injectieput in Barendrecht aan drie kanten wordt omgeven door verhogingen. Ten westen ligt het talud van de A29, ten noorden ligt een dijk genaamd de Middeldijk en ten zuiden ligt eveneens een dijkje, langs de Kilweg. Je kunt de locatie daarom een ondiepe bak noemen, met de open kant naar de woonwijk. In diverse faalscenario's die in de QRA worden beschouwd, loopt de 18 kilometer lange hoge-drukpijpleiding tussen Pernis en Barendrecht leeg vlakbij de injectieput. Het gaat dan om 130 ton CO₂: zo'n 70.000 kubieke meter bij atmosferische druk. Bij horizontale uitstroom over vlak land ontstaat volgens Safeti-nl een gaswolk die slecht enige meters hoog is.

Een berekening op de achterkant van een bierviltje leert echter dat een platte gaswolk van puur CO₂ en 3 meter dik op de grond een soort 'cirkel des doods' zou vormen met een diameter van 175 meter. Ga je in deze benadering uit van het meest ongunstige geval, namelijk aanlengen met lucht tot 10 volumeprocent CO₂, dan ontstaat 700.000 kubieke meter potentieel dodelijk mengsel. Dat is genoeg om bij windstilte de hele bak te vullen. Als er vervolgens een zwakke wind richting het westen opsteekt, schuift een fors deel van die wolk de woonwijk in.

Variaties Dit *worst case*-scenario (geheel voor rekening van NWT) is geen doorgerekende simulatie, maar dient slechts als illustratie dat het windprofiel en de geometrie van het terrein grote invloed kunnen hebben op de risicoberekeningen. Hoe groot die invloed in feite is? Niemand die het weet, want Safeti-nl kan het niet doorrekenen en een *second opinion* is in deze branche moeilijk te krijgen.

In een telefoongesprek met Mark Spruijt van TNO Industriele en Externe Veiligheid (TNO-IEV) en onderzoeker Joris Koornneef gezamenlijk, erkennen beiden dat de modellering te wensen over laat. Koornneef: "Er is veel variatie tussen de verschillende methodieken die men internationaal gebruikt om de risico's van het bezwijken van een CO₂-pijpleiding te berekenen. Die re-

sultaten wijken onderling echt ordes van grootte af." Spruijt: "Elke simulatie wordt gelimiteerd door een bepaald methodiek. Het is al sinds jaar en dag zo, dat risicocontouren alleen op de grond worden berekend. Deze simulaties zijn nu eenmaal twee- en niet driedimensionaal. En misschien zijn ze voor de ene stof wel beter ontwikkeld dan voor de andere. Naar mate je specifieker wilt worden, bijvoorbeeld als je ook de invloed van omliggende bebouwing op de verspreiding wilt weten, correspondeert het allemaal minder met de werkelijkheid." Over de drie principiële beperkingen van Safeti-nl wil Spruijt niet méér kwijt dan dat 'er wel wat in zit'. Spruijt: "Ik heb er geen behoefte aan om voor de vuist weg een reactie te geven op de QRA van Tebodin." In een reactie per e-mail wijst Shell erop dat de geometrie van het terrein wordt meegerekend door middel van een 'ruwheidsfactor'. Dit komt erop neer dat in Safeti-nl – in feite een 2D-simulatieprogramma – de verspreidingsnelheid van het gas over het hele gebied hoger of lager wordt ingesteld. Meer dan een lapmiddel is dit echter niet: het is uiteraard principieel onmogelijk om een 2D-simulatie op te pimpen tot een 3D-simulatie door één vrije parameter anders in te stellen.

Dijkjes Overigens wordt in de simulatie de verspreiding van het CO₂ en de verdunning ervan met lucht voor het grootste deel veroorzaakt doordat het model het gas met grote kracht horizontaal uit de buis laat spuiten. Er ontstaat dan een lange en relatief smalle gasstraal in één richting. Voor Shell is dit meteen het voornaamste argument om niet 'af te wijken van de standaard werkwijze': "Het effect van de breuk van de injectieleiding is het grootst als deze is gericht op de woonwijk. Vanwege de richting en de geringe breedte van de gasstroom is de aanwezigheid van het talud van de A29 en de flankerende dijkjes niet relevant."

Om het gas te kunnen injecteren, moet de druk van 40 bar in de aanvoerleiding echter eerst worden opgevoerd tot zo'n 100 bar. Dit gebeurt in een groot compressorgebouw. Als de aanvoerleiding in het gebouw breekt, wat gebeurt er dan met de gasstraal en de verdunning ervan met de buitenlucht? In de QRA wordt die mogelijkheid niet besproken.

Interessant is dat TNO Bouw en Ondergrond, een onderafdeling van TNO



• Locatie van de gasvelden Barendrecht op 1700 meter diepte (links) en Barendrecht Ziedewij, op 2750 meter diepte (rechts).

Uit de MER-barendrecht

“De CO₂ die wordt opgeslagen is dezelfde zuivere CO₂ die mag worden toegepast in de voedingsmiddelenindustrie en in kassen waar dagelijks mensen in werken.”

“Een ‘blow-out’ van de injectieput gaat uit van een situatie dat de meervoudige beveiliging die in de put is ingebouwd (terugslagkleppen die het terugstromen van CO₂ verhinderen) niet zou werken. Ook bij het blijvend falen van kleppen is de put overigens nog altijd onder controle te krijgen.”

“Bij een blow out komt het CO₂ vanuit de put met veel snelheid omhoog. Normaliter zullen dan de afsluiters onderin en bovenaande put automatisch dichtgaan. Echter, als deze ook niet werken, kan een blow-out ontstaan.”

“Indien het niet lukt om de put op korte termijn af te sluiten (slechtste geval) kan het nodig zijn om een hupput te boren, om zo de put stil te leggen. Dit kan maximaal 1 maand duren. Voor Barendrecht geldt dat bij een blow-out twee maanden na de start van de injectie (in 2011) circa 6000 ton CO₂ zal vrijkomen, terwijl tegen het einde van de injectieperiode (in 2014) dit 60.000 ton CO₂ bedraagt. Voor Barendrecht-Ziedewij is dit respectievelijk 25.000 en 380.000 ton CO₂-uitstoot.”

I&EV, vorig jaar een heel andere kijk had op een pijpleidingbreuk. Als een groot gat in de pijp ontstaat, zal deze volgens TNO Bouw en Ondergrond niet op één plek lek gaan, maar door de hoge druk over een lengte van meters openbarsten. Er zijn dan twee uitstroomopeningen, die recht tegen elkaar in blazen. Het gevolg is een min of meer ‘impulsloze’ uitstroom, dat wil zeggen: er ontstaat geen straal en het gas stroomt met relatief lage snelheid alle richtingen uit, waardoor veel minder woontuning optreedt. Volgens TNO zal het gebied met potentieel dodelijke concentraties CO₂ dan groter worden.

TNO concludeerde daarom in een rapport van februari vorig jaar: “Alleen op basis van uitstroomexperimenten met CO₂ uit leidingen zijn goed onderbouwde uitspraken over de uitstroming van CO₂ onder hoge druk te doen.” Het ging in dat geval om een ingegraven pijpleiding in de Zoetermeerse wijk Oosterheem, een wijk die als buffer dient voor de CO₂-levering aan de kassen van het Westland. In Oosterheem staan huizen tot op negen meter van de pijpleiding, terwijl alleen al door de explosie bij een breuk een krater van naar schatting 10 bij 20 meter zal ontstaan, volgens het rapport van TNO. Desondanks ziet het RIVM hier geen noemenswaardige veiligheidsrisico's voor omwonenden.

Verticaal Nog anders worden de faalscenario's, als het gas na een leidingbreuk eerst vijftig meter verticaal omhoog spuit. Dan ontstaat binnen een minuut een gaswolk met vrij hoge concentraties CO₂ die afdrijft en langzaam daalt. Als de wolk een paar minuten later de grond raakt, is hij volgens Safeti-nl al verdund tot een ongevaarlijke concentratie, zodat hij geen gevaar meer oplevert. Maar wat als er een woontoren van acht verdiepingen in de baan van die wolk staat? Dan hebben de bewoners ervan pech, want risico's op meer dan 1 meter boven het maaiveld worden niet meegerekend.

Commentaar van Shell: “Het is bij risicoanalyses gebruikelijk om de effecten te berekenen op een hoogte van 1 meter. (...) Verder wordt in het algemeen aangenomen dat in dit soort situaties de aanwezigheid in een gebouw een effectieve beschermingsmaatregel is.”

Zolang je ramen en deuren dichthoudt, kun je zo'n wolk inderdaad laten langswaaien. Dat is ook het standaard advies bij calamiteiten: rustig binnen blijven en naar de radio luisteren. Maar wat doen op zo'n moment moeders op zes hoog van wie de kinderen buiten spelen? Het kan ook in hartje zomer gebeuren, als iedereen de ramen en balkondeuren open heeft staan. Al zal de blootstelling dan waarschijnlijk niet lang genoeg duren om letterlijk te stikken in de CO₂, een torenflat vol plotseling bewusteloos rakende bewoners lijkt toch niet iets om te verwaarlozen in de risicoanalyse.

Vuurwerkkramp Sinds de vuurwerkkramp in Enschede is er ook een onafhankelijk orgaan dat zich met deze kwesties bezighoudt, de adviesraad gevaarlijke stoffen (AGS). In een rapport uit 2006 neemt de adviesraad soortgelijke QRA's onder de loep, in dit geval voor het vervoer van ammoniak per binnenvaartschip. De raad liet de risico's doorrekenen met twee softwarepakketten, RBM II en de oude bekende Safeti-nl. Daar rolden zeer grote verschillen in risico's uit, zonder dat duidelijk is waarom. De adviesraad somt in het rapport nog een hele waslijst van onvolkomenheden op, en concludeert over de QRA-computermodellen ‘dat niet wordt voldaan aan elementaire eisen met betrekking tot transparantie en verifieerbaarheid.’

De adviesraad gevaarlijke stoffen werkt momenteel aan een advies over stationaire installaties met gevaarlijke stoffen. Volgens algemeen secretaris van de adviesraad en toxicoloog Nico van Xanten is in dit geval wel een betere database met faalkansen beschikbaar, voor bijvoorbeeld pijpleidingen. Maar de computermodellen kennen dezelfde beperkingen qua transparantie en verifieerbaarheid: “Dat baart ons grote zorgen.” Risicoberekeningen zijn momenteel voor een belangrijk deel een rituele dans. Van Xanten: “Risicorekenen is in ons land heel precies voorgeschreven, waardoor de toepasbaarheid op speciale praktijkgevallen twijfelachtig is. Bovendien gaat er geen enkele prikkel van uit voor bedrijven om praktische maatregelen te nemen ter beperking van het risico. Die tellen namelijk toch niet mee in de wettelijk voorgeschreven rekensom.”

Uiteindelijk kennen alle risicoberekeningen één blinde vlek die eigenlijk niet meer van deze tijd is: wat als iemand opzettelijk een ramp wil veroorzaken? De kans dat



• Impressie van de nog te bouwen installaties rond de injectieput in Barendrecht

een terrorist een kilootje semtex tegen een pijpleiding plakt, is niet te berekenen. Eigenlijk moet je aannemen dat iemand het een keer probeert, bekijken wat dan het *worst case* scenario is en vervolgens praktische maatregelen nemen om de gevolgen te beperken. Zo'n effectberekening is echter iets principieel anders dan de risicoberekeningen in een QRA. Die rekt risicocontouren uit op basis van faalkansen. Naar mate de faalkans per kilometer gasleiding per jaar kleiner is, krimpt het risicogebied waarbuiten de burger wettelijk rustig kan slapen.

Het is voor Barendrecht wellicht relevant dat de injectieput dag en nacht onbemand is, op een terrein dat slechts is beveiligd met een twee meter hoog hek. Van Xanten: “Als je over terrorisme begint, dan zijn er nog wel ergere dingen die je kunt verzinnen. Dat is meer iets voor de nationale coördinator terrorismebestrijding. De QRA's richten zich alleen op normale bedrijfsrisico's.”

Beheersbaar Moeten we concluderen dat de ondergrondse opslag van CO₂ in woonwijken een onbeheersbaar gevaar vormt? Geenszins. Zoals ook de adviesraad gevaarlijke stoffen stelt, zijn de risico's van dezelfde grootte-orde als die voor LPG, ammoniak en andere gevaarlijke stoffen.

Zoals wel vaker gebeurt, maken verontruste burgers zich zorgen over de verkeerde kwesties. Niet de ondergrondse opslag, maar het transport en de injectie van CO₂ brengt risico's met zich mee die beter onderzocht moeten worden. Dat geldt ook voor de pijpleidingen die nu al CO₂ vervoeren naar de Westlandse kassen en de frisdrankindustrie.

Als Rijkswaterstaat een nieuwe dijk of sluis bouwt, worden experimenten gedaan met schaalmodellen. Nieuwe vliegtuigtypen en grote bruggen gaan standaard de windtunnel in. Waarom is er geen driedimensionale versie van Safeti-nl? Volgens het hoofd van RIVM/CEV Cees van Luijk wordt er wel aan gewerkt, en is het RIVM/CEV daar ook bij betrokken, maar zal het nog jaren duren eer die 3D-versie praktisch bruikbaar is. “Met wat ik daarvan gezien heb, houd ik staande dat Safeti-nl op dit moment het best beschikbare model is.”

Nog nooit is een grote CO₂-leiding gecontroleerd open gezet om de gaswolk in een bebouwde omgeving daadwerkelijk te meten. Gezien de ervaringen met de bijna-ramp in Munchengladbach van vorig jaar (zie kader, pag 28), waar het ging om veel minder dan 130 ton CO₂, kon dat nog wel eens verrassende resultaten opleveren. ●